

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Полоцкий государственный университет»

А. Н. Селицкий
В. В. Разуев

ЗУБЧАТЫЕ КОЛЕСА. ЗУБЧАТЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Методические указания к выполнению расчетно-графических работ
по курсам «Инженерная графика», «Инженерная и машинная графика»
для студентов технических специальностей

Новополоцк
ПГУ
2015

УДК 514.18(075.8)

Одобрено и рекомендовано к изданию методической комиссией
машиностроительного факультета в качестве методических указаний
(протокол № 6 от 18.06.2014)

Кафедра начертательной геометрии и графики

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

канд. техн. наук, доц., зав. каф. начертательной геометрии и графики

Е. З. ЗЕВЕЛЕВА;

ассистент каф. начертательной геометрии и графики

В. В. МАЛАХОВСКАЯ

Для студентов специальностей: 1-36 01 01, 1-36 01 03, 1-36 01 06, 1-37 01 06-01,
1-37 01 07, 1-36 07 01, 1-70 05 01, 1-42 01 03

© Селицкий А. Н., Разуев В. В., 2015

© УО «ПГУ», 2015

ВВЕДЕНИЕ

Данные методические указания предназначены для выполнения индивидуальных домашних заданий (расчетно-графических работ) студентами 2 курса машиностроительных специальностей по курсу «Инженерная и машинная графика».

Целью этой работы является:

- ознакомление с основными видами зубчатых соединений;
- ознакомление со способами обработки зубчатых колес;
- ознакомление с основными конструктивными и расчетными параметрами различных зубчатых колес и червяка;
- изучение правил и условностей изображения зубчатых колес, червяка и видов зубчатых передач, принятых по ГОСТ ЕСКД, а также правил выбора параметров и вычерчивания шпоночных и шлицевых соединений.

Объем работы: 2 задания, которые необходимо выполнить на форматах А4 и А3 с помощью чертежных инструментов и с соблюдением всех требований, предъявляемых к оформлению чертежей по ГОСТам ЕСКД. Номер варианта задания соответствует порядковому номеру в журнале группы.

На лицевой стороне листа слева располагается поле для подшивки, равное 20 мм, а поля справа, сверху и снизу – 5 мм. Основная надпись выполняется в правом нижнем углу в соответствии с ГОСТ 2.104-68 .

Графа «Обозначение документа» основной надписи оформляется шрифтом № 7, например: КНГиГ.01.01.07.00.00, где

- КНГиГ – кафедра начертательной геометрии и графики;
- 01 – номер семестра;
- 01 – номер листа;
- 07 – номер варианта.

В графе «Наименование документа» написать шрифтом № 5 название листа, например: Колесо зубчатое.

Работы вычерчиваются в масштабе и размещаются с учетом наиболее равномерного распределения изображения в пределах чертежа, масштаб указывается в соответствующей графе.

В графе «Наименование организации, разрабатывающей проектный документ» написать, например: ПГУ, гр. 13-ТОМ.

В графах «Разраб.», «Пров.» написать, соответственно, фамилию студента и преподавателя.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Зубчатые передачи – это самые распространенные среди механических передач. Их применяют для передачи мощности от долей до десятков тысяч киловатт при окружных скоростях до 150 м/с и передаточных числах до нескольких сотен, с диаметрами колес от доли миллиметра до 5 и более метров.

Достоинства зубчатых передач:

- высокая нагрузочная способность;
- малые габариты;
- высокий КПД;
- постоянство передаточного числа;
- надежность в работе и простота обслуживания.

Недостатки зубчатых передач:

- высокие требования к точности изготовления и монтажа;
- шум при больших скоростях;
- высокая жесткость, не позволяющая компенсировать динамические нагрузки.

Зубчатая передача – это механизм, который с помощью зубчатого зацепления передает или преобразует движение с изменением угловых скоростей и моментов. Обычно зубчатая передача состоит из двух колес. Меньшее из колес передачи принято называть *шестерней*, а большее – *колесом*. Термин “зубчатое колесо” является общим для передачи.

Зубчатые передачи применяют для передачи вращательного движения между валами с параллельными, пересекающимися и перекрещивающимися осями, а также для преобразования вращательного движения в поступательное и наоборот.

Классификация. Зубчатые передачи можно классифицировать по следующим признакам:

- по взаимному расположению осей валов;
- по расположению зубьев на поверхности колес;
- по форме профиля зубьев;
- по взаимному расположению зубчатых колес в передаче;
- по конструктивному исполнению;
- по характеру движения осей;
- по величине окружной скорости;
- по характеру и величине передаваемой силы.

По взаимному расположению осей валов различают передачи (рис. 1): цилиндрические ($a - z$) – с параллельными осями; конические ($d, e,$) – с пересекающимися осями; гиперболоидные ($ж, з$) – со скрещивающимися осями; реечные ($и$).

По расположению зубьев на поверхности колес различают передачи (рис. 1): прямозубые ($a, z, d, и$), косозубые ($б$), шевронные ($в$) и с круговым зубом ($е$).

По форме профиля зубьев различают передачи эвольвентные, циклоидальные и с зацеплением Новикова.

По взаимному расположению зубчатых колес различают передачи (рис. 1) с внешним ($a, б, в$) и внутренним (z) зацеплением.

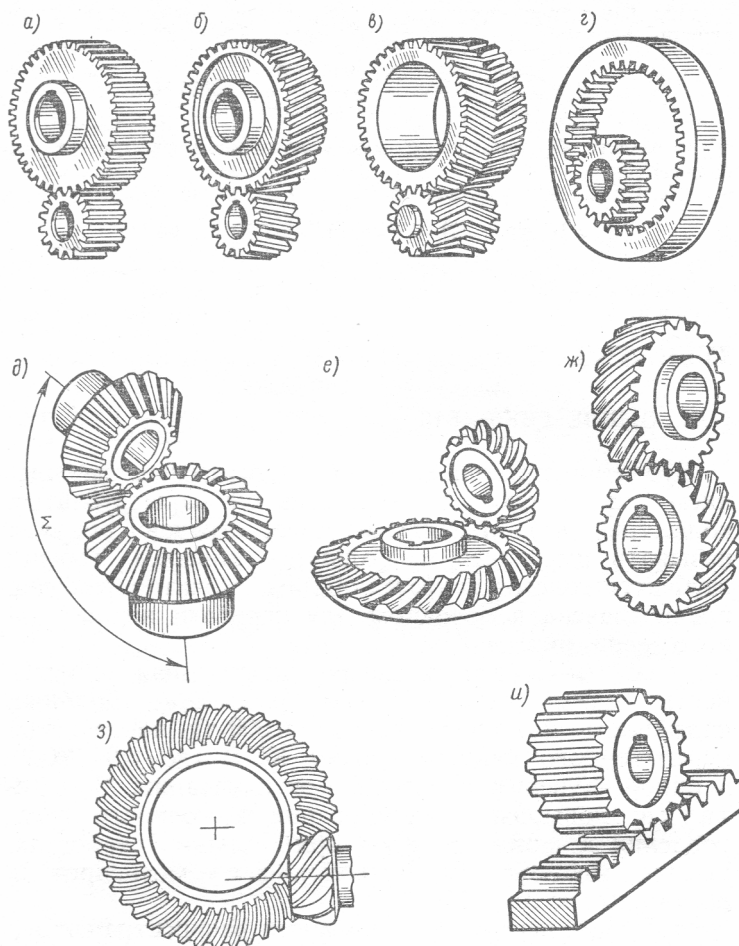


Рис. 1. Зубчатые передачи: a – цилиндрическая прямозубая; $б$ – цилиндрическая косозубая; $в$ – цилиндрическая шевронная; $г$ – цилиндрическая с внутренним зацеплением; $д$ – коническая прямозубая; $е$ – коническая косозубая; $ж$ – цилиндрическая винтовая; $з$ – коническая винтовая (гипоидная); $и$ – реечная

По конструктивному исполнению передачи могут быть *открытые*, расположенные вне корпуса и имеющие легкое ограждение и *закрытые*, расположенные в корпусе и изолированные от внешней среды.

По характеру движения осей передачи можно разделить на *рядные*, имеющие неподвижные геометрические оси всех колес, и *планетарные* передачи, в которых оси одного или нескольких колес подвижны.

По величине окружной скорости различают передачи: *тихоходные* ($v \leq 3 \frac{M}{c}$), *среднескоростные* ($v = 3 \dots 15 \frac{M}{c}$), *скоростные* ($v = 15 \dots 40 \frac{M}{c}$) и *быстроходные* ($v > 40 \frac{M}{c}$).

По характеру и величине передаваемой силы различают *силовые* передачи, использующие для передачи значительных мощностей, и *кинематические*, выполняющие кинематические функции и практически не передающие мощности.

Изготовление зубчатых колес. В зависимости от материала, формы и размеров колес, заготовки для них получают литьем, ковкой или штамповкой. Формирование зубьев осуществляют нарезанием, накаткой и литьем.

Нарезание зубьев выполняют двумя методами – копированием и обкаткой.

При использовании метода *копирования* впадина между зубьями вырезается специально спрофилированным инструментом – фрезой, протяжкой, шлифовальным кругом (рис. 2, а, б). Этот метод малопроизводителен и неточен. Применяется для нарезания крупномодульных цилиндрических прямозубых, косозубых и шевронных колес, а также в ремонтном производстве.

Метод *обкатки* основан на воспроизведении зацепления зубчатой парой. Одной из зубчатых деталей является обрабатываемая заготовка, а второй – зуборежущий инструмент (рис. 2, в, г). В процессе нарезания заготовка вращается вокруг своей оси, а долбяк или гребенка совершают возвратно-поступательное движение по вертикали и поступательное движение параллельно касательной заготовке. В качестве зуборежущего инструмента применяются и червячные фрезы, имеющие в осевом сечении форму инструментальной рейки. Метод обкатки дает непрерывный процесс нарезания, что обеспечивает повышенную производительность и точность по сравнению с методом копирования.

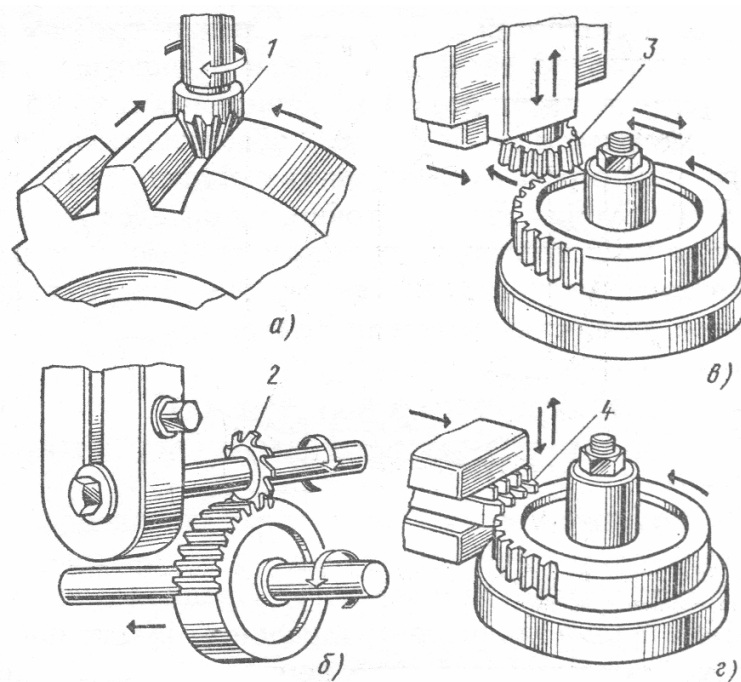


Рис. 2. Нарезание зубчатых колес копированием с помощью фрез и обкаткой с помощью долбяка и гребенки: 1 – пальцевая фреза; 2 – модульная дисковая фреза; 3 – долбяк; 4 – гребенка

Точные зубчатые колеса подвергаются отделочным операциям: шевингованию, шлифованию, притирке и др.

Мелкомодульные зубчатые колеса изготавливают и *накатыванием* (обработкой давлением, применяется в массовом производстве). После накатывания улучшается структура поверхностного слоя, что обеспечивает повышение прочности зубьев на 15...20 %.

Литье используют для изготовления открытых массивных тихоходных зубчатых колес пониженной точности (в поворотных механизмах башенных кранов, бетономешалок, лебедок и др.) и пластмассовых зубчатых колес.

Способы соединения зубчатых колес с валами. Соединение зубчатых колес с валами относится к разъемным соединениям. Оно производится либо при помощи специальных моментопередающих деталей (шпонки, клинья, штифты), либо при помощи шлицев – выступов на валу и впадин такого же профиля в ступице зубчатого колеса. Возможно соединение колеса с валом и при помощи профильных моментопередающих соединений.

Шпонкой называется деталь, которая закладывается в шпоночный паз (канавку) вала и паз ступицы колеса (рис. 3, а). Передача вращения от вала к колесу или обратно производится боковыми гранями шпонки.

Большинство типов шпонок стандартизированы, и по форме разделяются на призматические (ГОСТ 23360-78), клиновидные (ГОСТ 24068-80) и сегментные (ГОСТ 24071-80).

Размеры сечений шпонок выбирают в зависимости от диаметра вала. Длину шпонок выбирают в зависимости от условий работы соединения и передаваемого крутящего момента.

Шпоночное соединение целесообразно изображать в разрезе, при этом секущая плоскость должна проходить через ось отверстия (ступицы). Для показа глубины паза под шпонку и вида шпонки применяют местный разрез (рис. 3, б) и сечение плоскостью (рис. 3, в), проходящей перпендикулярно оси вала.

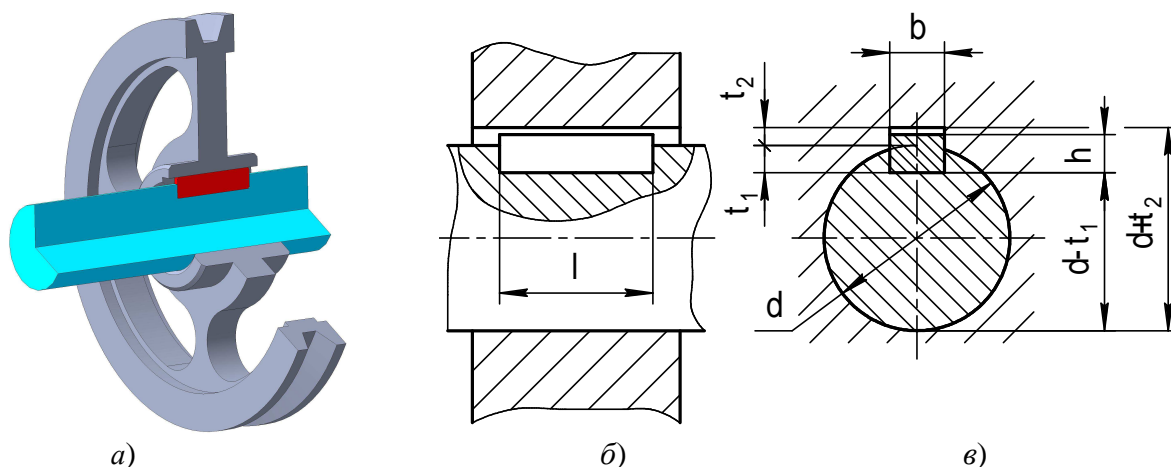


Рис. 3

Размеры сечений призматических шпонок и соответствующих им пазов выбирают из таблицы 1.

Таблица 1

Призматические шпонки. Размеры в мм (по ГОСТ 23360-78)

Диаметр вала d	Размеры сечений шпонок		Глубина паза		Радиус закругления пазов, r	Длина шпонки, l	Ряд длин
			Вал	Втулка			
	b	h	t_1	t_2			
Св. 10 до 12	4	4	2,5	1,8	0,16	8-45	6,8,10,12, 14,16,18,20, 22,25,28,32, 36,40,45,50, 56,63,70,80, 90,100,110, 125,140,160, 180,200,220, 250...360
» 12 » 17	5	5	3	2,3	0,25	10-56	
» 17 » 22	6	6	3,5	2,8	0,25	14-70	
» 22 » 30	8	7	4	3,3	0,25	18-90	
» 30 » 38	10	8	5	3,3	0,4	22-110	
» 38 » 44	12	8	5	3,3	0,4	28-140	
» 44 » 50	14	9	5,5	3,8	0,4	36-160	
» 50 » 58	16	10	6	4,3	0,6	45-180	
» 58 » 65	18	11	7	4,4	0,6	50-200	
» 65 » 75	20	12	7,5	4,9	0,6	56-220	
» 75 » 85	22	14	9	5,4	0,6	63-250	

Условное обозначение призматической шпонки исполнения I, шириной 18, высотой 11 и длиной 100:

Шпонка 18×11×100 ГОСТ 23360-78.

Сегментные шпонки применяют при сравнительно коротких ступицах колес и при передаче небольших крутящихся моментов, что связано с уменьшением прочности вала из-за относительно большой глубины паза (табл. 2). Соединение при помощи сегментной шпонки приведено на рисунке 4, а, б.

Условное обозначение сегментной шпонки исполнения I толщиной $b = 6$ мм и высотой $h = 10$ мм:

Шпонка 6×10 ГОСТ 24071-97.

Клиновые шпонки находят незначительное применение.

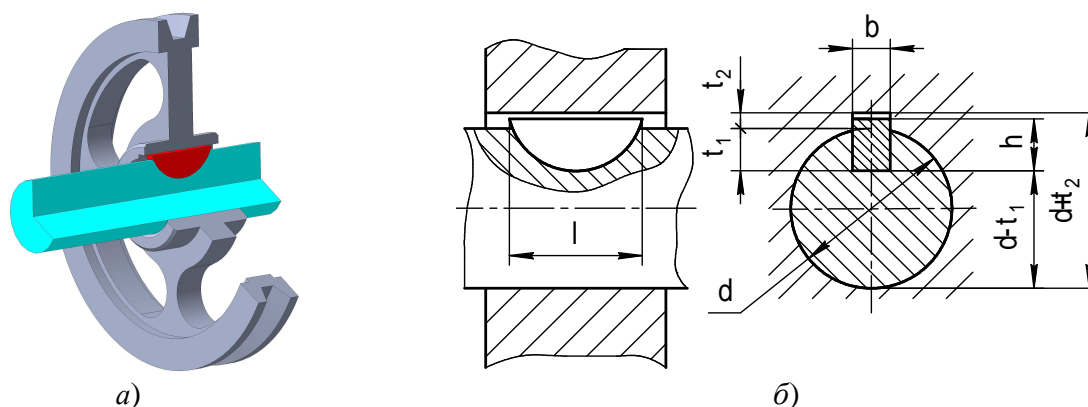


Рис. 4

Таблица 2

Сегментные шпонки. Размеры в мм (ГОСТ 24071-97)

$b \times h \times D$	Вал	Втулка	Радиус за- кругления пазов, r	Диаметр вала d	
	t_1	t_2		Серия 1	Серия 2
1×1,4×4	1	0,6	0,25 до 0,6	3...4	3...4
1,5×2,6×7	2	0,8		4...5	4...6
2×2,6×7	1,8	1		5...6	6...8
2×3,7×10	2,9	1		6...7	8...10
2,5×3,7×10	2,7	1,2		7...8	10...12
3×5×13	3,8	1,4		8...10	12...15
3×6,5×16	5,6	1,4		10...2	15...18
4×6,5×16	5	1,8	0,4 до 0,25	12...14	18...20
4×7,5×19	6	1,8		16...16	20...22
5×6,5×16	4,5	2,3		16...18	22...25
5×7,5×19	5,5	2,3		18...20	25...28
5×9×22	7	2,3		20...22	28...32
6×9×22	6,5	2,8		22...25	32...36
6×10×25	7,5	2,8		25...28	36...40
8×11×28	8	3,8	0,4 до 0,6	28...32	40...
10×13×32	10	3,3		32...38	--

Шлицевые (зубчатые) соединения называются многошпоночными, так как имеющиеся на поверхности вала выступы, выполнены за одно целое с валом и играют роль шпонок. Наличие большего количества выступов обеспечивают передачу больших крутящихся моментов.

Зубья шлицевых соединений изготавливают с прямобочным, эвольвентным и прямоугольными профилями. Наиболее широкое применение находят соединения с прямобочным профилем.

Основные размеры (в мм) шлицевых прямобочных соединений приведены в таблице 3 (по ГОСТ 1139-80 в ред. 1991г.).

Таблица 3

Соединения шлицевые прямобочные. Основные размеры в мм

Номинальный размер $Z \times d \times D$	Число зубьев Z	d	D	b
6×28×32	6	28	32	7
8×32×36	8	32	36	6
8×36×40	8	36	40	7
8×42×46	8	42	46	8
8×46×50	8	46	50	9
6×21×25	6	21	25	5
6×28×34	6	28	34	7
8×36×42	8	36	42	7

Соприкасаться (центрироваться) поверхности шлицев (зубьев) вала и втулки могут по наружному и внутреннему диаметру вала и по боковым поверхностям шлицев. При центрировании по наружному диаметру вала D образуется радиальный зазор по внутреннему диаметру d (рис. 5, а).

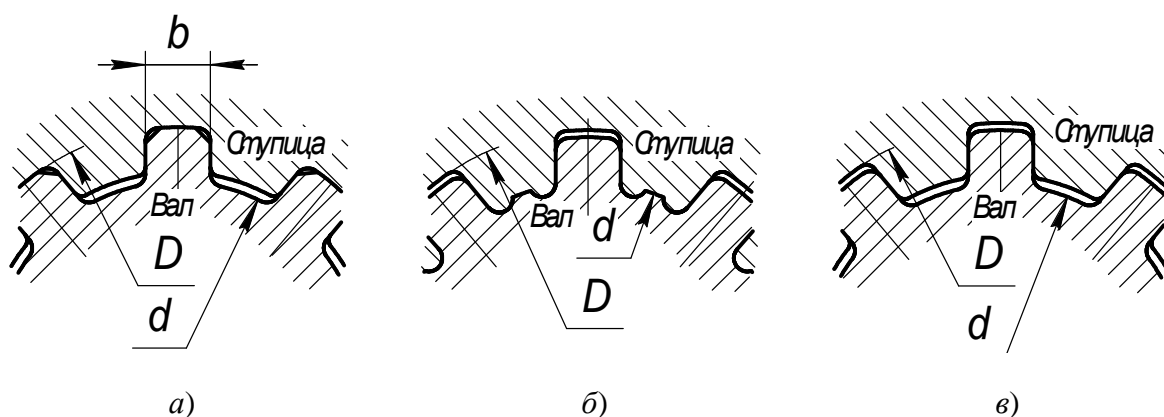


Рис. 5

При центрировании по внутреннему диаметру вала d радиальный зазор будет по диаметру D (рис. 5, б).

При центрировании по боковым сторонам шлицев радиальные зазоры имеются по обоим диаметрам D и d (рис. 5, в).

Обозначение шлицевых прямобочных соединений валов и втулок должны содержать: букву, обозначающую поверхность центрирования и номинальные размеры D , d , b .

Примеры условного обозначения шлицевого соединения с числом зубьев 8, внутренним диаметром $d = 36$ мм, наружным диаметром $D = 40$ мм и шириной зуба $b = 7$ мм:

а) при центрировании по наружному диаметру: $D-8\times 36\times 40\times 7$;

б) при центрировании по внутреннему диаметру: $d-8\times 36\times 40\times 7$;

в) при центрировании по боковым сторонам шлицев (зубьев):

$$b-8\times 36\times 40\times 7.$$

Условное обозначение отверстия ступицы и вала при центрировании по внутреннему диаметру записывается одинаково: $d-8\times 36\times 40\times 7$

На рисунке 6 приведен пример условного изображения шлицевого соединения прямобочного профиля.

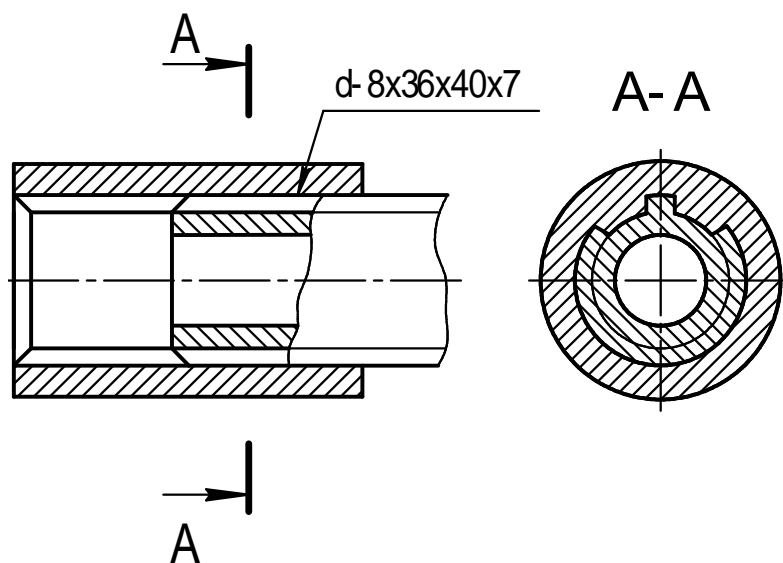


Рис. 6

1. ЗУБЧАТЫЕ КОЛЕСА

1.1. Цилиндрические зубчатые колеса

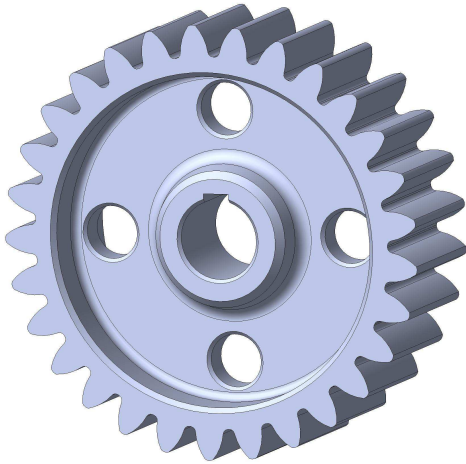


Рис. 1.1

Цилиндрические зубчатые колеса (рис. 1.1) находят самое широкое применение в машинах, механизмах, приборах и др. Ознакомимся с некоторыми элементами цилиндрического зубчатого колеса с прямыми зубьями (рис. 1.2, 1.3). У таких колес зубья расположены на цилиндрической поверхности и параллельны оси колеса.

Основным элементом зубчатого колеса является **зуб**, который своим выступом передает движение посредством воздействия на *выступ* зуба другого колеса передачи. Боковые стороны профиля зуба могут быть очерчены по эвольвентам (наиболее часто применяемые), циклическими кривыми (циклоидальные) и по дугам окружностей (в передаче Новикова). В данном разделе рассматриваются зубчатые колеса, у которых форма поперечного сечения зуба очерчена эвольвентами окружности.

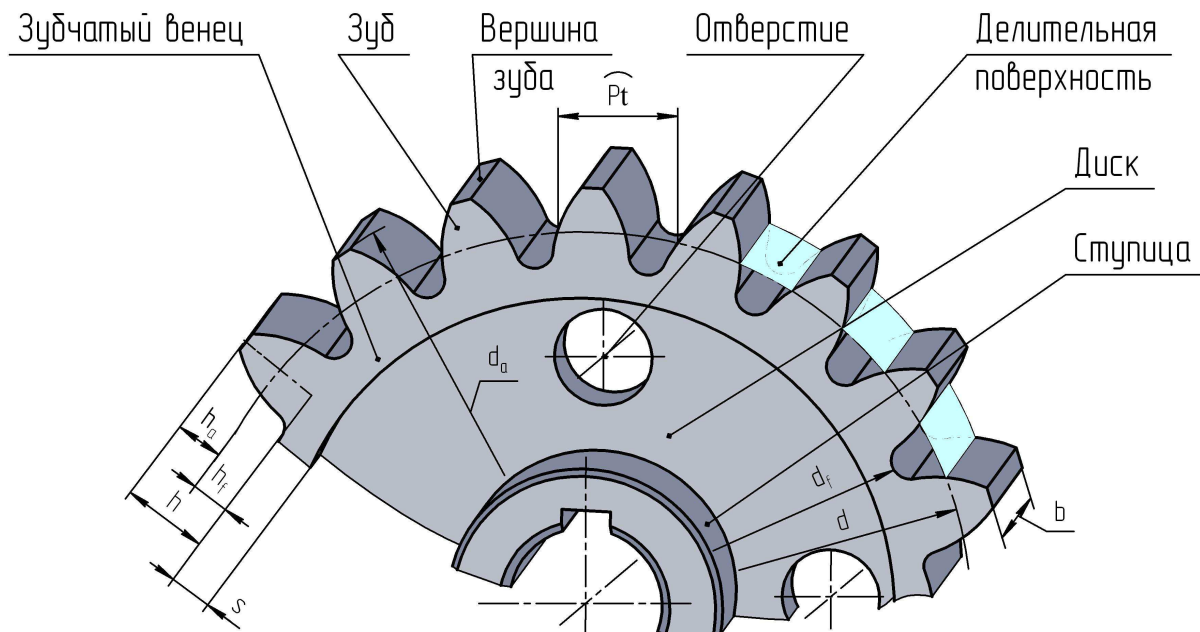


Рис. 1.2

Часть зубчатого колеса, состоящая из зубьев и обода, которая связана с другими элементами колеса (диск, ступица), называется *зубчатым венцом*.

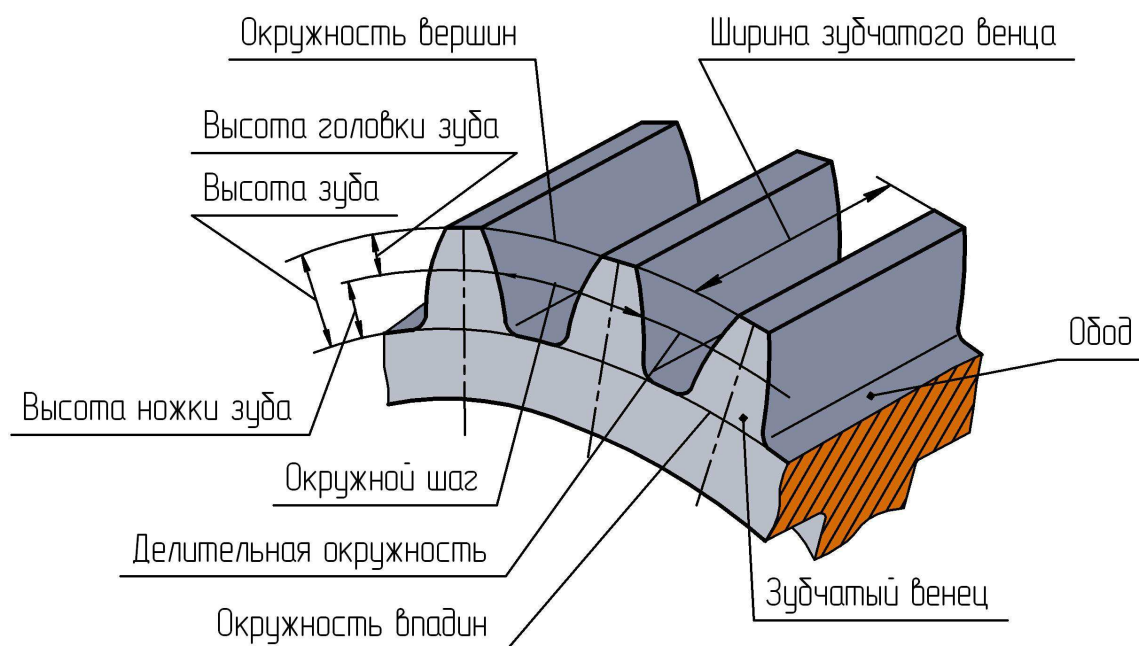


Рис. 1.3

Впадиной называется пространство, заключенное между поверхностью обода и боковыми поверхностями соседних зубьев.

Делительная поверхность зубчатого колеса делит зуб (h) на головку (h_a) и ножку зуба (h_f) (см. рис. 1.2).

Под *делительным шагом* (P_t) зубьев понимают расстояние по делительной окружности между одноименными профилями соседних зубьев.

Часть зубчатого колеса, служащая для соединения его с валом, называется *ступицей*.

Часть зубчатого колеса, соединяющая зубчатый венец со ступицей, называется *диском*. При малом диаметре зубчатого колеса диск отсутствует, а колесо имеет форму сплошного цилиндра с отверстием для посадки на вал.

Для колес больших диаметров с целью их облегчения диск изготавливается тонким с отверстиями или без них, а массивными остаются только обод и ступица. При необходимости диск заменяется несколькими спицами, соединяющими обод со ступицей.

Диаметр делительной окружности (см. рис. 1.2) обозначен d , диаметр окружности впадин – d_f , диаметр окружности выступов – d_a .

Основным параметром зубчатого цилиндрического колеса является *модуль* (m). Согласно ГОСТ 16530-83 модуль – линейная величина, в π раз меньше делительного шага (Pt):

$$m = \frac{Pt}{\pi}.$$

При расчетах модуль определяется по формуле

$$m = \frac{d}{z},$$

т.е. это число миллиметров делительного диаметра, приходящегося на один зуб колеса,

где d – диаметр делительной окружности;

z – число зубьев.

Значения модуля выбирают из ГОСТ 9563-60*, отдельные из них приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1

Ряды	Значения модулей, <i>m</i>																		
1-й ряд	0,1	0,2	0,5	0,8	1	1,25	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25
2-й ряд	0,11	0,22	0,55	0,9	1,25	1,37	1,75	2,25	2,75	3,5	4,5	5,5	7	9	11	14	18	22	28

Значения первого ряда предпочтительны. Зубчатые колеса с модулем, меньше единицы, называют мелкомодульными.

Для расчета параметров зубчатого колеса необходимо пользоваться зависимостями, приведенными в таблице 1.2.

При выполнении чертежа зубчатого колеса с натуры необходимо расчетным путем определить его параметры. Для этого измеряют диаметр окружности вершин зубьев d_a и подсчитывают число зубьев z . Представим,

что имеется колесо с диаметром $d_a = 130$ мм и числом зубьев 20, тогда модуль равняется

$$m = \frac{d_a}{z + 2} = \frac{130}{20 + 2} = 5,9.$$

Таблица 1.2

Параметры	Расчетная формула
Высота головки зуба	$h_a = m$
Высота ножки зуба	$h_f = 1,25m$
Высота зуба	$h = h_a + h_f = 2,25 m$
Делительный диаметр	$d = mz$
Диаметр вершин зубьев	$d_a = d + 2h_a = mz + 2m = m(z+2)$
Диаметр впадин зубьев	$d_f = d - 2h_f = mz - 2 \times 1,25m = m(z-2,5)$
Окружный шаг	$Pt = \pi m$

По таблице 1.1 принимают ближайшее значение модуля $m = 6$.

Подсчитывают делительный диаметр d и диаметр окружности впадин d_f :

$$d = mz = 6 \times 20 = 120 \text{ мм};$$

$$d_f = m(z - 2,5) = 6 \times (20 - 2,5) = 105 \text{ мм}.$$

Пересчитывают диаметр вершин зубьев с учетом принятого модуля

$$d_a = m(z + 2) = 6 \times (20 + 2) = 132 \text{ мм}.$$

Правила выполнения чертежей цилиндрических зубчатых колес приведены в ГОСТ 2.403-75, а условные изображения – в ГОСТ 2.402-68.

Построение изображения цилиндрического зубчатого колеса с прямыми зубьями, показанного на рисунке 1.4, которое выполняется в следующей последовательности. На виде слева (см. рис. 1.4, *a*) в тонких линиях проводятся три концентрические окружности: вершин ($d_a = 132$ мм), впадин ($d_f = 105$ мм) и делительной ($d = 120$ мм). Проводятся также и другие окружности цилиндрических элементов зубчатого колеса.

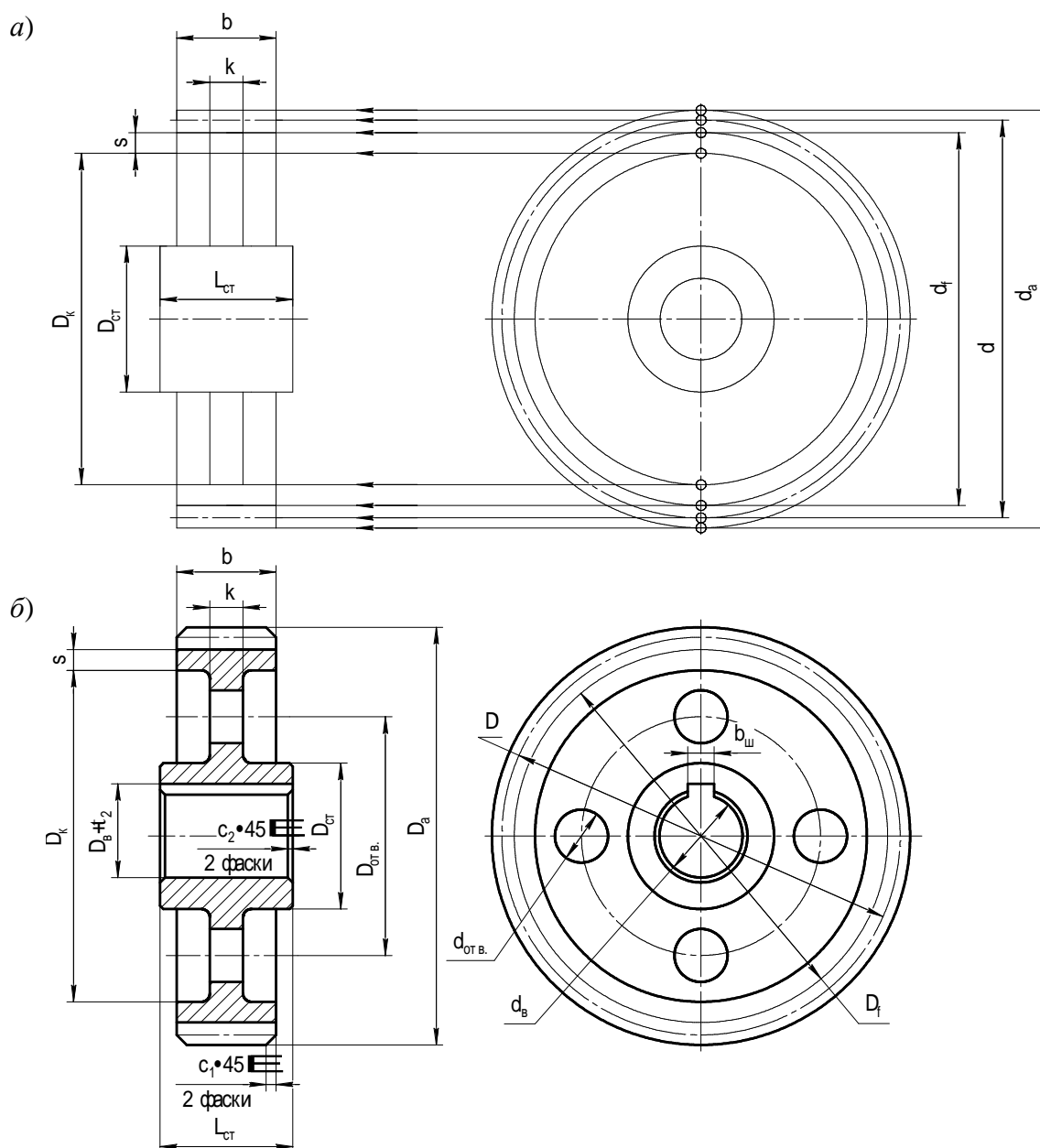


Рис. 1.4

Затем при помощи линий связи, показанных стрелками, строится в тонких линиях главное изображение (вид). Проводятся также в тонких линиях изображения ступицы (D_{cm} , L_{cm}) и др. элементов, которые определяются путем обмера (с натуральных образцов) или по соотношениям, приведенным в таблице 1.3.

На разрезе (вместо главного вида) образующие, соответствующие окружностям вершин и впадин, обводят сплошной толстой линией, делительную окружность – штрихпунктирной линией. Зубья в осевых разрезах показываются не заштрихованными, даже если секущая плоскость проходит через зуб.

Проведенные линии связи и др. вспомогательные линии удаляют и проводят на виде слева окружности вершин зубьев сплошной основной линией, делительную окружность – штрихпунктирной линией, окружность впадин – тонкой сплошной линией (допускается ее не показывать).

Размеры шпоночного паза определяют по ГОСТ 23360-78 (см. табл. 1).

Окончательное построение изображения цилиндрического зубчатого колеса с буквенными (условными) обозначениями размеров его элементов показано на рис. 1.4, б.

Таблица 1.3

Элементы зубчатого колеса	Величина элементов
Ширина зубчатого венца	$b = (6 \dots 10)m$
Толщина обода зубчатого венца	$s = (2,5 \dots 3)m$
Наружный диаметр ступицы	$D_{cm} = (1,5 \dots 1,7) D_e$
Толщина диска	$\kappa = (3 \dots 3,6)m$
Диаметр, определяющий расположение отверстий в диске	$D_I = 0,5(D_k + D_{cm})$
Диаметр отверстий в диске	$D_o = 0,25 \times (D_k - D_{cm})$
Длина ступицы	$L_{cm} = 1,5 D_e$
Фаска	$c_1 = 0,5m \times 45^\circ$
Диаметр венца (обода)	$D_e = d_f - 2s$

Для изготовления зубчатого колеса простой конструкции достаточно одного главного изображения, а на виде слева можно показать только контур отверстия со шпоночным пазом (рис. 1.5).

На изображении цилиндрических зубчатых колес указываются размеры диаметра окружности вершин зубьев, ширины зубчатого венца, фасок, диаметр отверстия и размеры для изготовления шпоночного паза.

На рисунке 1.6 представлен чертеж цилиндрического зубчатого колеса.

В правой верхней части поля чертежа приводится таблица (размеры даны), в которой указываются величина модуля, число зубьев зубчатого венца и размер делительного диаметра.

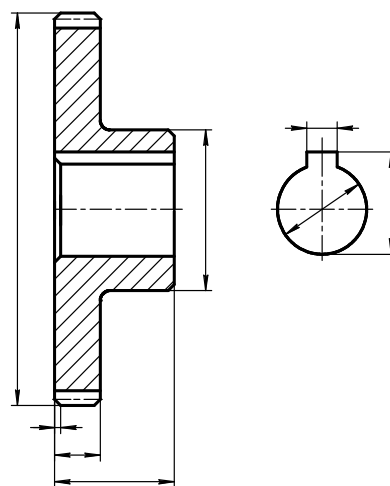
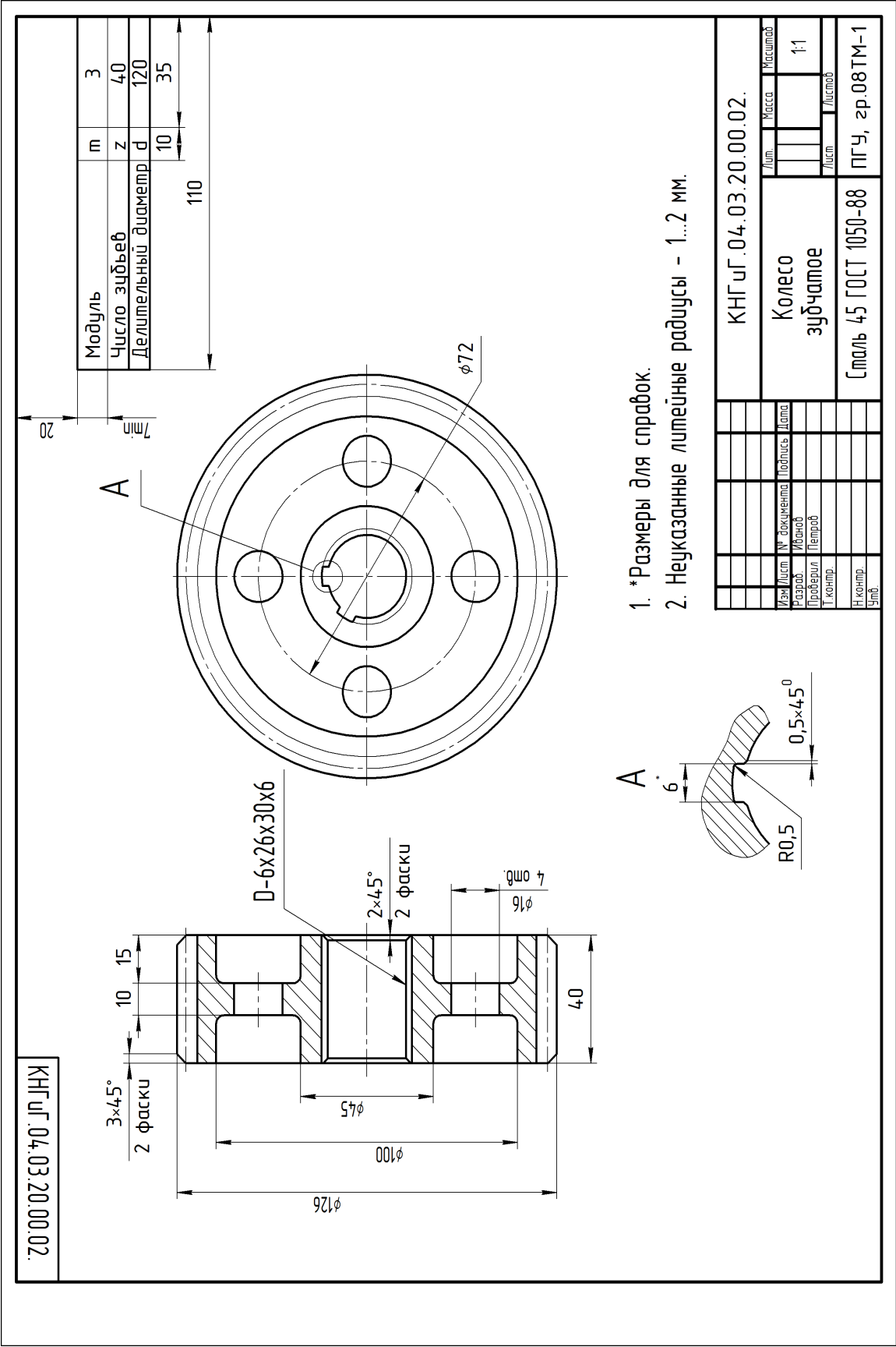


Рис. 1.5



1.2. Конические зубчатые колеса

Для передачи вращательного движения между валами, оси которых пересекаются, применяются конические зубчатые колеса (рис. 1.7). У конического зубчатого колеса имеются свои специфические элементы и соответствующие обозначения и размеры (рис. 1.8, *a*), которые отсутствуют у цилиндрического колеса:

δ – угол делительного конуса;

δ_{ae} – угол конуса вершин;

δ_{fe} – угол конуса впадин;

λ – угол внешнего дополнительного конуса.

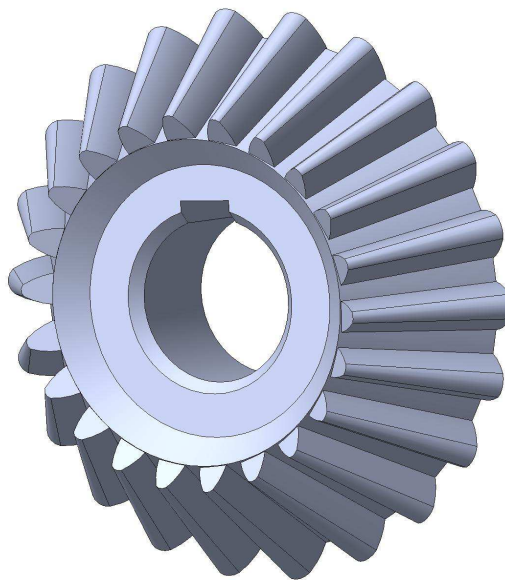


Рис. 1.7

На рисунке 1.8, *a* также показаны образующие конуса (вершин зубьев, делительного конуса, впадин зубьев) и внешнего дополнительного конуса, а также обозначения параметров зуба: ширины (b), высоты (h), головки зуба (h_a), ножки зуба (h_f) и др. элементы.

Конические зубья гораздо сложнее цилиндрических. У них окружной шаг, высота зуба, диаметр делительной окружности – величины переменные. Поэтому по максимальной высоте зуба проводятся образующие внешнего дополнительного конуса. Образующие дополнительного конуса должны проводиться перпендикулярно образующим делительного конуса.

При выполнении чертежа конического прямозубого колеса с натуры необходимо в первую очередь измерить (при помощи угломера) угол внешнего дополнительного конуса (λ), а затем подсчитать угол делительного конуса (δ):

$$\delta = 90^\circ - \lambda.$$

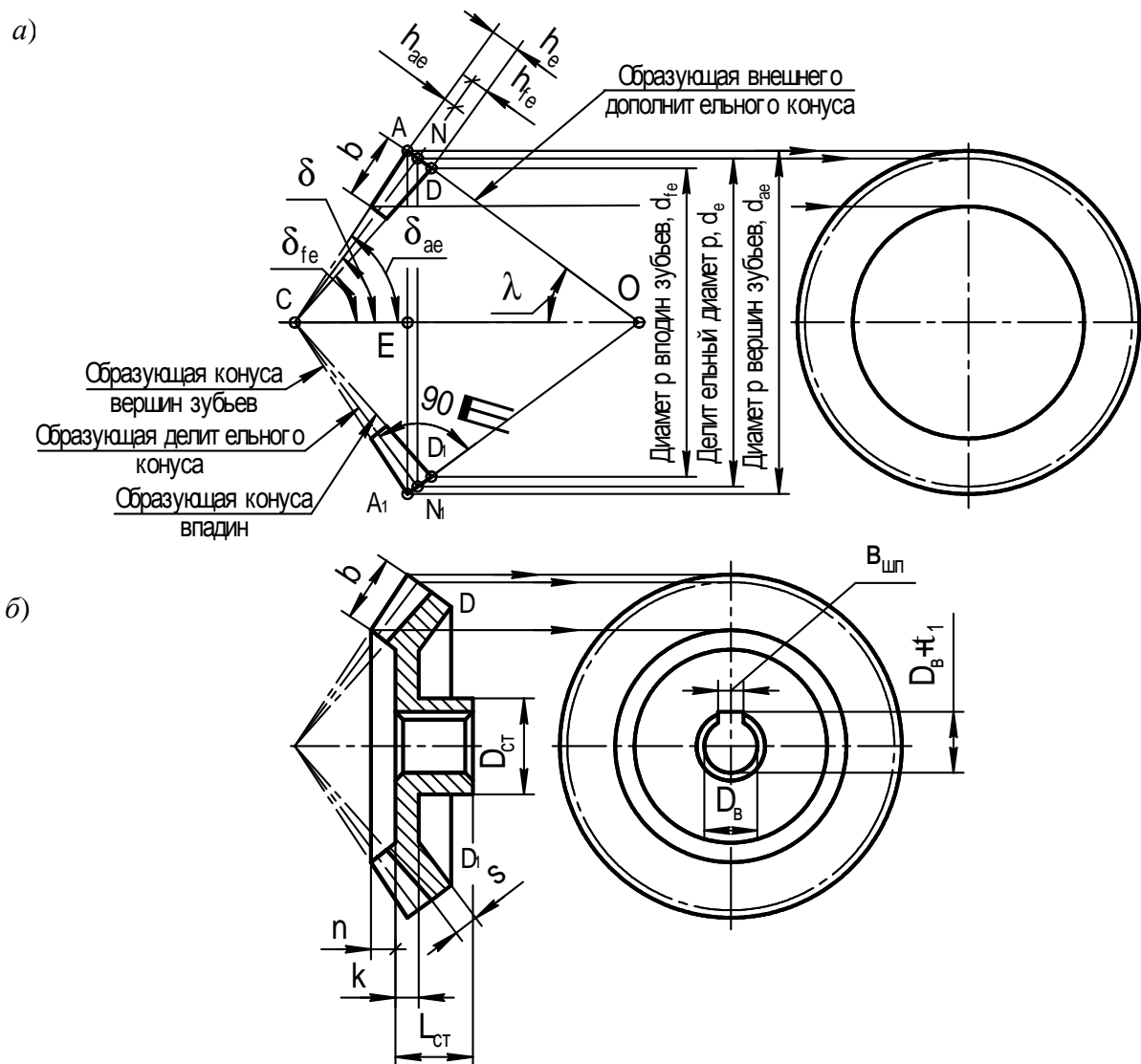


Рис. 1.8

Для определения внешнего окружного модуля m_e необходимо подсчитать число зубьев и измерить диаметр окружности вершин зубьев d_{ae} , тогда

$$m_e = \frac{d_{ae}}{z + 2 \cos \delta}.$$

Полученное значение модуля m_e округляют до ближайшего значения и принимают по таблице 1.1. Числовые значения модулей такие же, как и для цилиндрических зубчатых колес.

Затем по расчетным формулам (табл. 1.5) определяют остальные параметры конического колеса и приступают к его вычерчиванию. Подробно остановимся на построении верхней части колеса (нижняя часть строится аналогично).

Диаметр окружности вершин зубьев пересчитывается, если принятый модуль отличается от расчетного. После замеры остальных элементов зубчатого колеса или подсчитывают по формулам (см. табл. 1.5) и приступают к его вычерчиванию.

Таблица 1.5

Параметры
конических зубчатых колес

Параметр	Обозначение	Расчетная формула	
		шестерни	колеса
Число зубьев	z	z_1	z_2
Окружной шаг	p_t	$p_t = \frac{\pi d_1}{z_1}$	$p_t = \frac{\pi d_2}{z_2}$
Внешний окружной модуль	m_e	$m_e = \frac{p_t}{\pi}$	$m_e = \frac{p_t}{\pi}$
Внешняя высота зуба	h_e	$h_e = 2,2m_e$	$h_e = 2,2m_e$
Внешняя высота головки зуба	h_{ae}	$h_{ae} = m_e$	$h_{ae} = m_e$
Внешняя высота ножки зуба	h_{fe}	$h_{fe} = 1,2m_e$	$h_{fe} = 1,2m_e$
Внешний делительный диаметр	d_e	$d_e = m_e z_1$	$d_e = m_e z_2$
Внешний диаметр вершин зубьев	d_{ae}	$d_{ae} = m_e (z_1 - 2 \cos \delta)$	$d_{ae} = m_e (z_2 - 2 \cos \delta)$
Внешний диаметр впадин зубьев	d_{fe}	$d_{fe} = m_e (z_1 + 2,4 \cos \delta)$	$d_{fe} = m_e (z_2 + 2,4 \cos \delta)$
Угол делительного конуса	δ	$\delta_1 = \arctg \left(\frac{z_1}{z_2} \right)$	$\delta_2 = 90 - \delta_1$
Конусное расстояние	R	$R_1 = \frac{d_1}{2 \sin \delta_1}$	$R_2 = \frac{d_2}{2 \sin \delta_2}$
Ширина венца зубчатого колеса	b	$b_1 = \frac{R_1}{3}$	$b_2 = \frac{R_2}{3}$

Параметр	Обозначение	Расчетная формула	
		шестерни	колеса
Толщина обода	s	–	$s = (2,5 \dots 3)m$
Толщина диска	k	–	$\kappa_2 = \frac{b_2}{3}$
Диаметр ступицы	D_{cm}	$d_{c1} \approx 1,6D_{\mathfrak{e}1}$	$d_{c2} \approx 1,6D_{\mathfrak{e}2}$
Впадина	n	$n_1 = 2 \dots 3m_e$	$n_2 = 2 \dots 3m_e$
Длина ступицы	L_{cm}	$L_{cm} \approx 1,2D_{\mathfrak{e}1}$	$L_{cm} \approx 1,2D_{\mathfrak{e}2}$

В обозначении параметров зубчатых конических колес с прямыми зубьями индекс «е» соответствует внешнему сечению. Применяются также конические колеса с тангенциальными и круговыми зубьями (индексы соответственно «ne» и «n»).

Определив место для построения, проводят горизонтальную прямую (ось колеса), перпендикулярно к ней проводят вертикальную прямую (см. рис. 1.8, а). Из точки их пересечения Е на вертикальной линии откладывают вверх и вниз отрезки ЕА и ЕА₁, равные 0,5 d_a . Отрезок АА₁ равняется диаметру вершин зубьев. Затем из точки А проводят образующую внешнего дополнительного конуса под углом λ к оси колеса. Затем из точки А на этой образующей откладывают высоту головки зуба ($h_{ae} = AN$) и высоту ножки зуба ($h_{fe} = ND$). Из точки N под прямым углом к образующей внешнего дополнительного конуса проводят образующую делительного конуса до пересечения с осью колеса в точке С. С этой точкой соединяют точки А и D, А₁ и D₁, получая, таким образом, соответственно образующую конуса вершин зубьев СА, СА₁ и впадин зубьев CD, CD₁. На образующих CN и CN₁ делительного конуса от точек N и N₁ откладывают ширину зубчатого венца b . Через полученные точки проводят линии параллельно образующим внешнего дополнительного конуса в пределах образующих конуса вершин и впадин зубьев.

На виде слева достаточно показать изображение контура посадочного отверстия со шлицами или со шпоночным пазом.

Завершение построения изображения конического колеса приведено на рисунке 1.8, б. Пример выполненного чертежа конического колеса показан на рисунке 1.9.

1.3. Изображение червячного колеса и цилиндрического червяка

Для передачи вращательного движения между валами, оси которых скрещиваются, применяется червячная передача, состоящая из червячного колеса (рис. 1.10) и червяка (рис. 1.11).

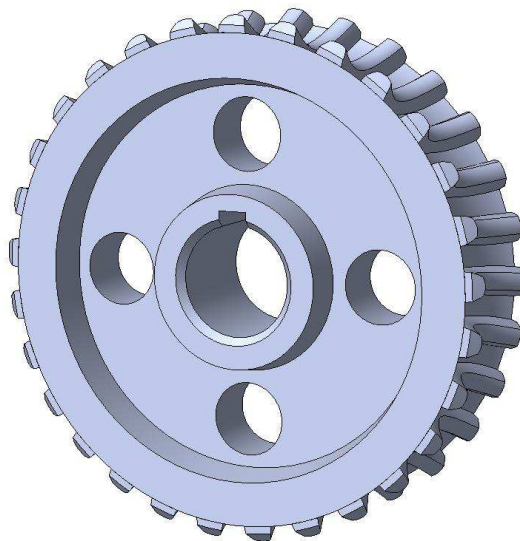


Рис.1.10

Червяк представляет собой винт, который можно сравнить с шестерней с винтовыми зубьями (витками). Червяки по числу заходов бывают одно- и многозаходными, (число заходов z_1), по направлению хода винтовой линии – правые и левые. По форме винтовой поверхности червяки делятся на прямолинейные (архимедов червяк – ZA), эвольвентный – Z1, образованный конусом – ZK, образованный тором – ZT). Архимедовы червяки подобны цилиндрическому винту с трапецеидальным профилем резьбы, они получили наибольшее распространение. Зуб червяка в осевом сечении представляет собой равнобедренную трапецию с углом рабочего профиля $\alpha \approx 20^\circ$.

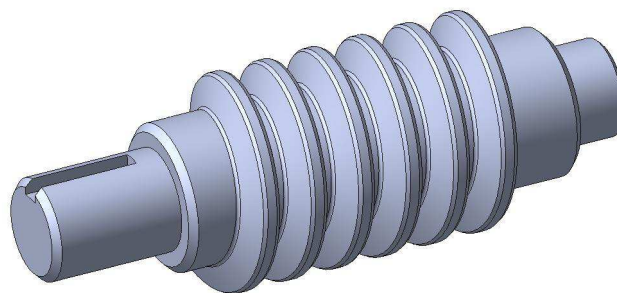


Рис. 1.11

В большинстве случаев червяки изготавливают за одно целое с валом, у которых диаметр окружности впадин зубьев незначительно отличается от диаметра вала.

Червячное колесо (см. рис. 1.10) (число зубьев z_2) является зубчатым колесом, профиль которого на фронтальном разрезе повторяет профиль червяка в осевом разрезе. Червячные колеса обычно изготавливают из бронзы или чугуна. В целях экономии дорогостоящей бронзы колеса часто делают составными: бронзовый венец и чугунная или стальная ступица (рис. 1.12).

Основными параметрами червяка являются:

P – осевой шаг червяка;

P_{z1} – ход витка червяка:

$$P_{z1} = z_1 P ,$$

где z_1 – число витков (заходов) червяка. z_1 может равняться 1, 2, 4 согласно ГОСТ 2144-76.

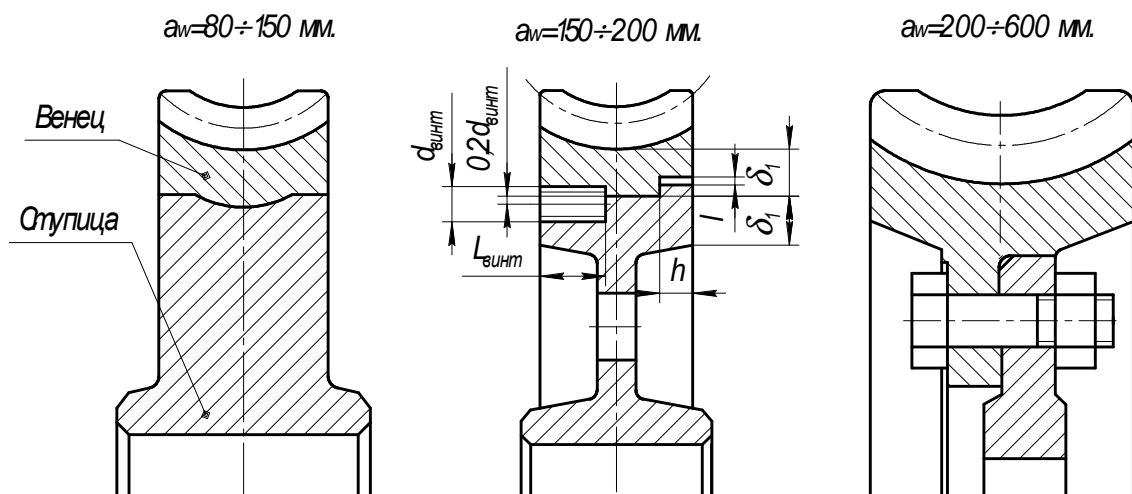


Рис. 1.12

Модуль червяка определяется по формуле

$$m = \frac{P}{\pi} .$$

Полученное значение необходимо округлить до ближайшего стандартного из ряда модулей (1; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0).

Делительный диаметр определяется по формуле

$$d_1 = qm ,$$

где q – коэффициент диаметра червяка (6,3; 8; 10; 12,5; 16,0; 20,0; 25,0).

Значение q в зависимости от модуля выбирают из таблицы 1.6

Таблица 1.6

m , мм	1;1,25	1,5	2	3	4-7	8	9-10	12	14
q	16	14	10	10,12	9	10	8	8	10

Чертежи червяка и червячного колеса выполняют в соответствии с требованиями ГОСТ 2.406-76 в редакции 1992 г. Ниже приводится при-

мер построения изображений червяка и червячного колеса, образующих червячную пару, по следующим данным:

- модуль червяка и колеса $m = 3$;
- число заходов червяка $z_1 = 1$ (однозаходный);
- диаметр вала червяка 32 мм;
- диаметр вала червячного колеса 35 мм;
- коэффициент диаметра червяка $q = 16$;
- число зубьев колеса $z_2 = 40$.

Определяют размеры витков червяка и зубьев червячного колеса:

- высота головки зуба:

$$h_a = m = 3 \text{ мм};$$

- высота ножки зуба:

$$h_f = 1,2m = 3,6 \text{ мм};$$

- высота зуба:

$$h = h_a + h_f = 6,6 \text{ мм};$$

- далее подсчитывают диаметры червяка:

$$d_1 = mq = 3 \times 16 = 48 \text{ мм},$$

$$d_{a1} = m(q + 2) = 3 \times 18 = 54 \text{ мм},$$

$$d_{f1} = m(q - 2,4) = 3 \times (16 - 2,4) = 40,8 \text{ мм};$$

- длину винтовой части червяка (рис. 1.13) определяют по формуле

$$b_1 = (11 + 0,06z_2) m = (11 + 0,06 \times 40) \times 3 = 40,2 \text{ мм}$$

Определяют параметры червячного колеса:

- делительный диаметр:

$$d_2 = mz_2 = 3 \times 40 = 120 \text{ мм};$$

- диаметр вершин зубьев:

$$d_{a2} = m(z_2 + 2) = 3 \times (40 + 2) = 126 \text{ мм};$$

- диаметр впадин зубьев:

$$d_{f2} = m(z_2 - 2,4) = 3 \times (40 - 2,4) = 112,8 \text{ мм};$$

- радиус вершин зубьев колеса:

$$R_{a2} = 0,5d_1 - m = 0,5 \times 48 - 3 = 21 \text{ мм};$$

- радиус впадин зубьев колеса:

$$R_{f2} = 0,5d_1 + 1,2m = 0,5 \times 48 + 1,2 \times 3 = 27,6 \text{ мм};$$

- радиус делительный:

$$R_2 = 0,5d_1.$$

Построение червячного колеса выполняют в тонких линиях в следующей последовательности (см. рис. 1.13, а).

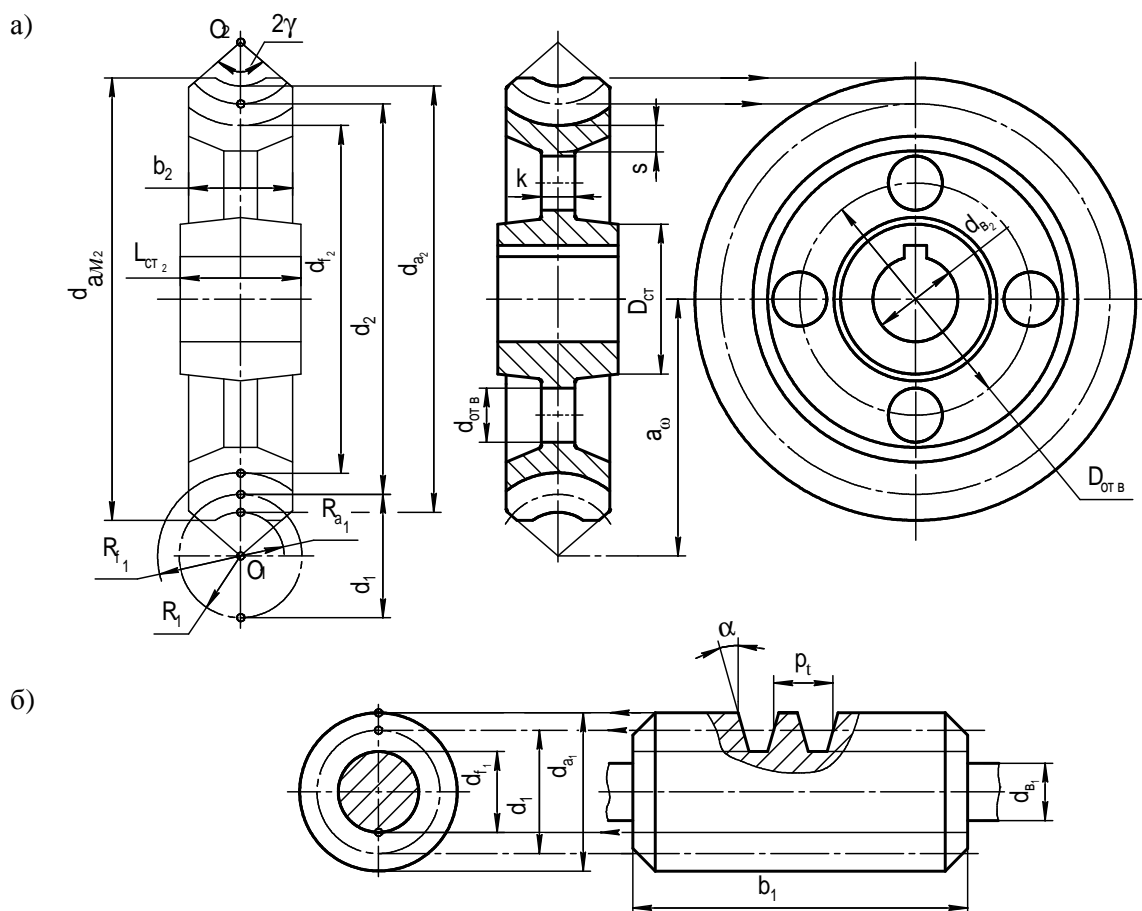


Рис. 1.13

Проводят штрихпунктирными линиями ось колеса и перпендикулярно к ней ось симметрии венца червячного колеса. На вертикальной линии откладывают размеры диаметров d_2 , d_{a2} , d_{f2} . От концов отрезка d_{a2} откладывают отрезок, равный половине делительного диаметра червяка ($\frac{d_1}{2} = \frac{48}{2} = 24$ мм) и получают точки O_1 и O_2 . Из этих точек радиусом $R_1 = \frac{d_1}{2}$ проводят штрихпунктирной линией делительную окружность. Затем радиусами R_{a1} и R_{f1} мм проводят дуги, которые ограничивают соответственно вершины и впадины зубьев колеса.

Ширину зубчатого венца колеса подсчитывают по формуле

$$b_2 = 0,75d_{a1} = 0,75 \times 54 = 40,5 \text{ мм}$$

и откладывают на изображении.

1.4. Выполнение чертежей червяка и червячного колеса с натуры

Прежде всего, при выполнении чертежа червяка или червячного колеса необходимо определить значение их модулей. Осевой модуль червяка определяют следующим образом (рис. 1.14):

- измеряют длину любого резьбового участка червяка l ;
- подсчитывают число шагов n , приходящихся на длину l ;
- определяют величину осевого шага:

$$P = \frac{l}{n};$$

- определяют расчетный осевой модуль:

$$m_t = \frac{P}{\pi}.$$

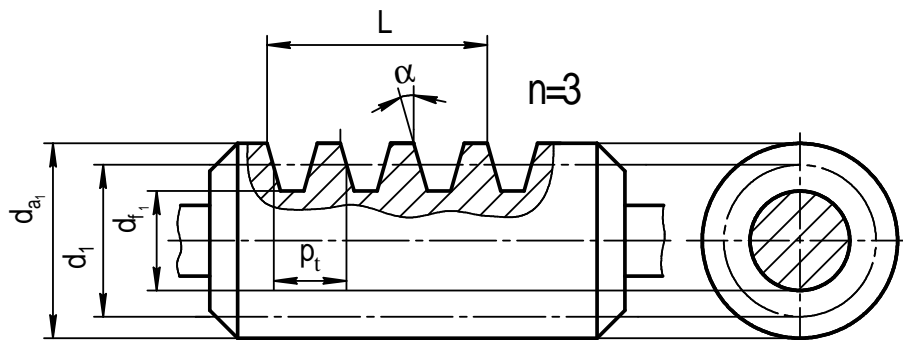


Рис. 1.14

Модуль m можно также определить, замерив при помощи глубиномера штангенциркуля высоту винтового выступа червяка, которая соответствует высоте зуба h_2 и равняется $2,2m$ ($h_2 = 2,2m$), откуда $m = \frac{h}{2,2}$.

Окружной модуль m червячного колеса определяется следующим образом:

- подсчитывают число зубьев колеса z_2 ;
- измеряют диаметр вершин зубьев;
- подсчитывают окружной модуль

$$m = \frac{d_{a2}}{z_2 + 2}.$$

Полученные значения модуля m необходимо сверить с данными значений по ГОСТ 2144-76, приведенными в таблице 1.6 и округлить до ближайшего стандартного значения. Недостающие параметры червяка и червячного колеса, необходимые для их вычерчивания, определяют измерениями.

По размерам, полученным измерениями и расчетами, выполняют чертежи червячного колеса и червяка (рис. 1.15 и 1.16)

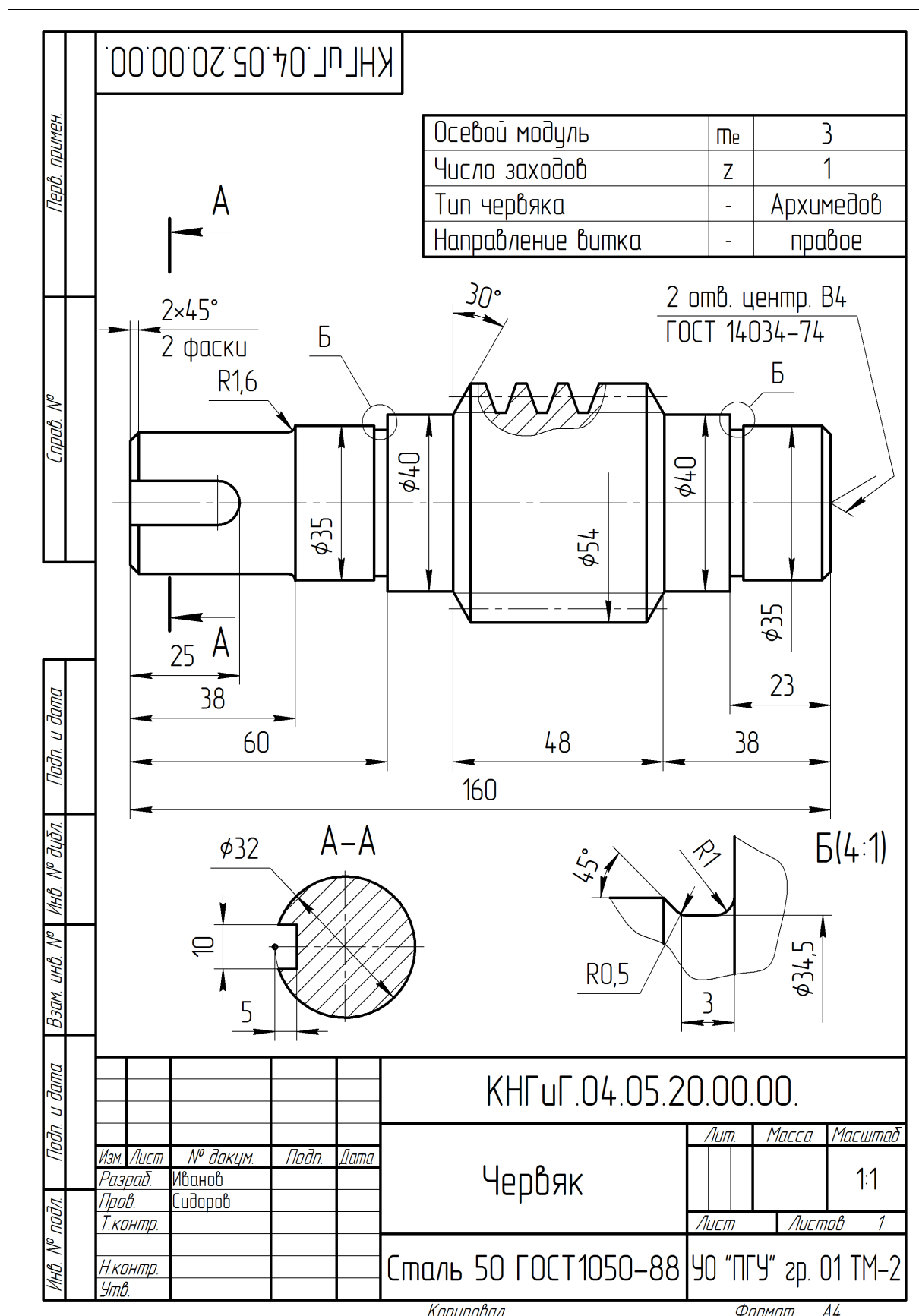


Рис. 1.16

2. ЗУБЧАТЫЕ ПЕРЕДАЧИ

2.1. Изображение цилиндрической зубчатой передачи

Зубчатые передачи составляют наиболее распространенную группу механических передач.

Для передачи вращательного движения между валами с параллельными осями применяются цилиндрические зубчатые колеса (рис. 2.1).

Зубчатое колесо передачи, которое сообщает движение другому колесу, называется ведущим, а второе колесо называется ведомым. Зубчатое колесо передачи с меньшим числом зубьев называется шестерней, а с большим – колесом. При одинаковом числе зубьев ведущее колесо называется шестерней, а ведомое – колесом.

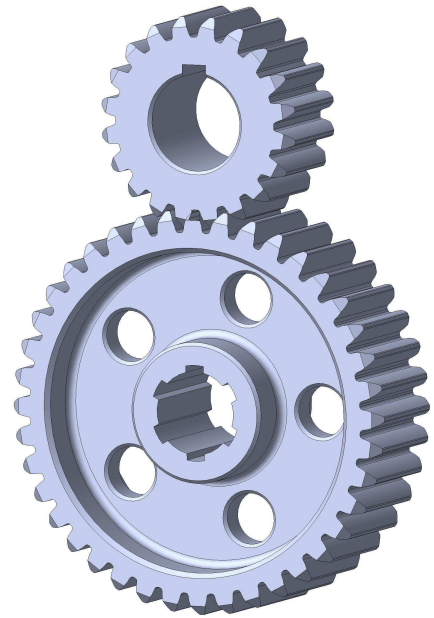


Рис. 2.1

Зубчатые передачи могут состоять из одной пары зубчатых колес (одноступенчатая передача) или нескольких пар (многоступенчатая передача).

Чертежи зубчатых передач выполняются согласно ГОСТ 2.402-68.

Зная число зубьев z и значение модуля m зубчатого зацепления, определяют:

– делительный диаметр шестерни:

$$d_1 = mz_1;$$

– делительный диаметр колеса:

$$d_2 = mz_2;$$

– диаметры вершин зубьев:

$$d_{a1} = d + 2m; d_{a2} = d_2 + 2m;$$

– диаметры впадин зубьев:

$$d_{f1} = d_1 - 2,5m; \quad d_{f2} = d_2 - 2,5m.$$

Определяют также:

– наружные диаметры ступиц (см. табл. 1.3):

$$D_{cm1} = 1,6D_{\epsilon1}; \quad D_{cm2} = 1,6D_{\epsilon2},$$

– длину ступиц:

$$L_{cm1} = 1,5D_{\epsilon1}; \quad L_{cm2} = 1,5D_{\epsilon2},$$

– межосевое расстояние:

$$a_{\omega} = 0,5 \times (d_1 + d_2).$$

Построение зубчатого зацепления (рис. 2.2, *a*) выполняют в тонких линиях и начинают с проведения осей параллельных валов на межосевом расстоянии (a_{ω}).

На правой половине листа формата (на виде слева) проводят центровые линии.

Из точек O_1 и O_2 , как из центров, проводят окружности делительные, вершин зубьев, впадин зубьев для шестерни и колеса. Из этих же точек проводят окружности, соответствующие диаметрам валов ($D_{\epsilon1}$, $D_{\epsilon2}$) и ступиц (D_{cm1} , D_{cm2}).

Необходимо иметь в виду, что делительные окружности шестерни и колеса проводятся штрихпунктирной линией и они должны касаться одна другой в точке, расположенной на линии, соединяющей центры O_1 и O_2 колеса и шестерни.

Построение главного вида зубчатой передачи выполняют при помощи линий связи (показано стрелками), которые проводят из точек пересечения окружностей с вертикальной линией центров. На обоих изображениях вычерчивают ступицы, а на изображении колеса дополнительно вычерчивают отверстия, расположенные в диске. Шестерня соединяется с валом при помощи призматической шпонки, а колесо – при помощи шлицев (рис. 2.2). По диаметрам валов подбирают размеры шпоночных пазов, шпонок, шлицев.

В местах шпоночных и шлицевых соединений на обоих изображениях выполняют местные разрезы.

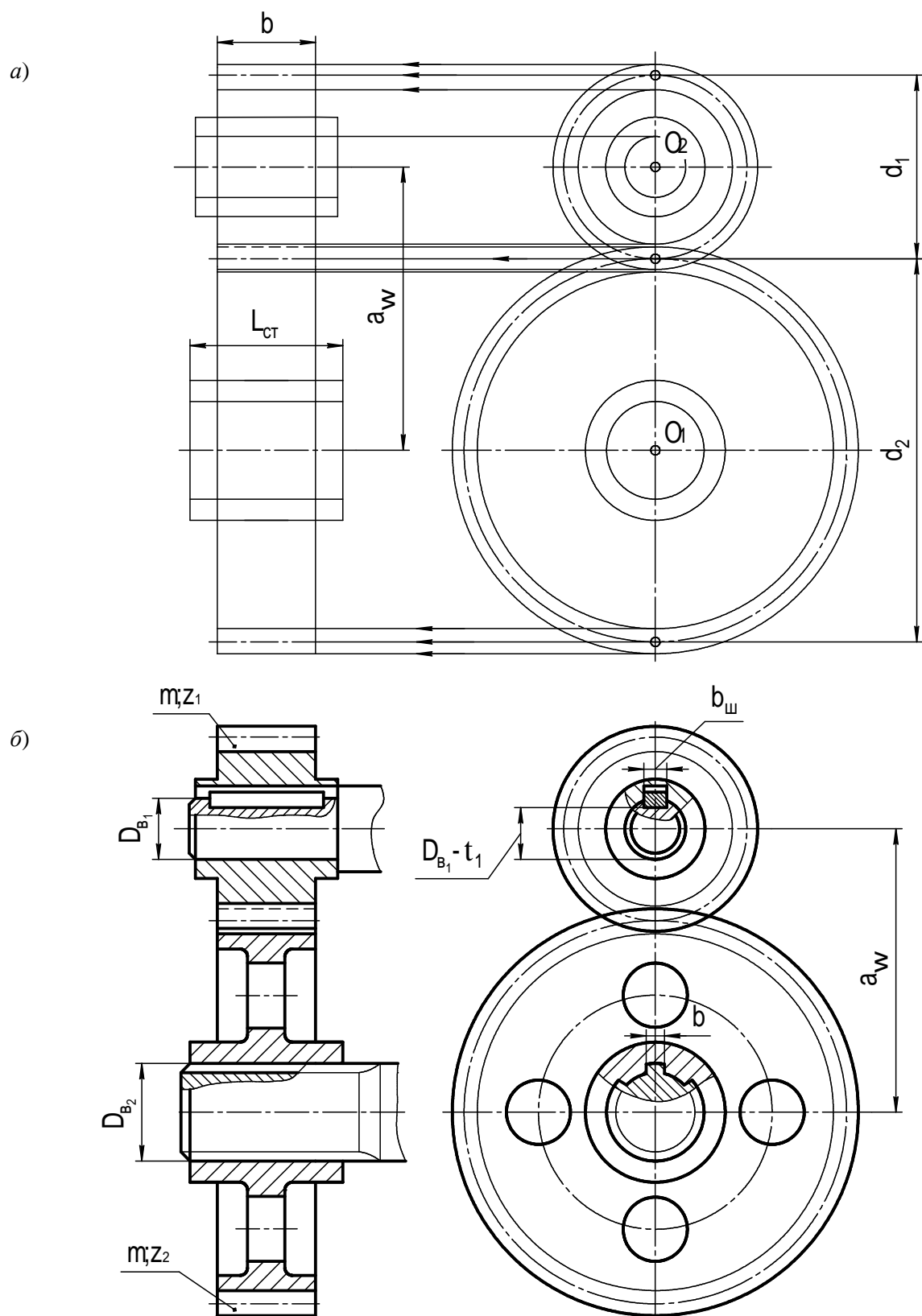


Рис. 2.2

Колесо и шестерню на главном виде показывают в разрезе. При этом зуб шестерни в зоне зацепления изображают расположенным перед ведомым колесом (рис. 2.3). Впадина зуба ведущего колеса изображена в разрезе видимой, а вершина зуба ведомого колеса – толстая основная линия, невидимой (штриховой), т.к. она закрыта зубом ведущего колеса.

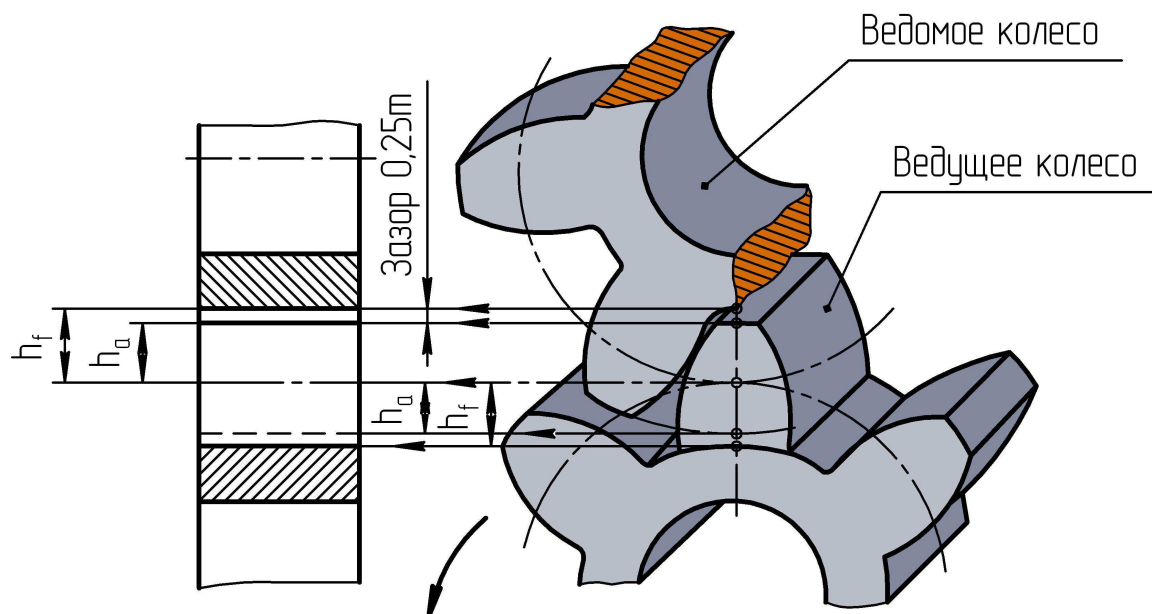


Рис. 2.3

В заключение построения удаляют вспомогательные линии, выполняют штриховку, обводят чертеж.

На сборочном чертеже зубчатой передачи (соединения) указывают межосевое расстояние, диаметры валов, модуль, число зубьев и позиции деталей.

Пример выполненного сборочного чертежа зубчатой цилиндрической передачи (соединения) представлен на рисунке 2.4, а спецификация – на рисунке 2.5.

ПГУ, зр.08ТМ-1

35

[illegible]

Рис. 2.5

2.2. Изображение конической зубчатой передачи

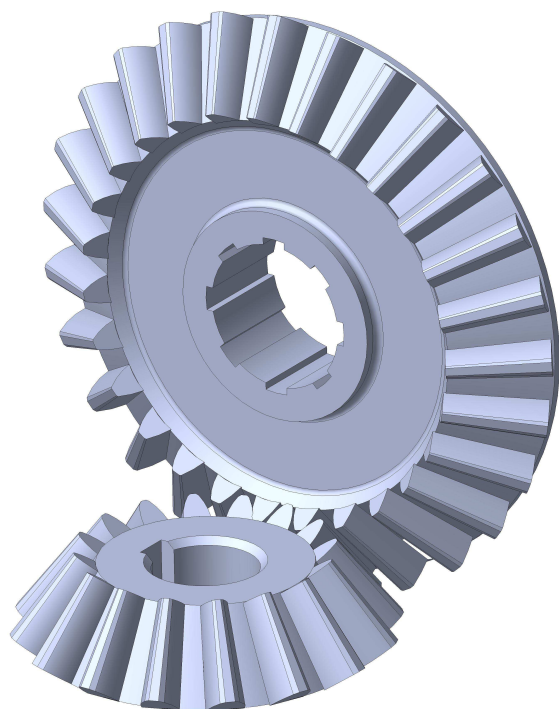


Рис. 2.6

Прежде чем приступить к вычерчиванию конической зубчатой передачи с натуры (рис. 2.6), необходимо определить параметры колес: внешний окружной модуль m_e , число зубьев z_1 и z_2 , углы делительных конусов δ_1 и δ_2 а также другие данные, о чем подробно изложено в разделе 1.2.

При построении конической зубчатой передачи по исходным данным (п. 2.4) необходимо по расчетным формулам дополнительно определить:

– диаметры делительной окружности

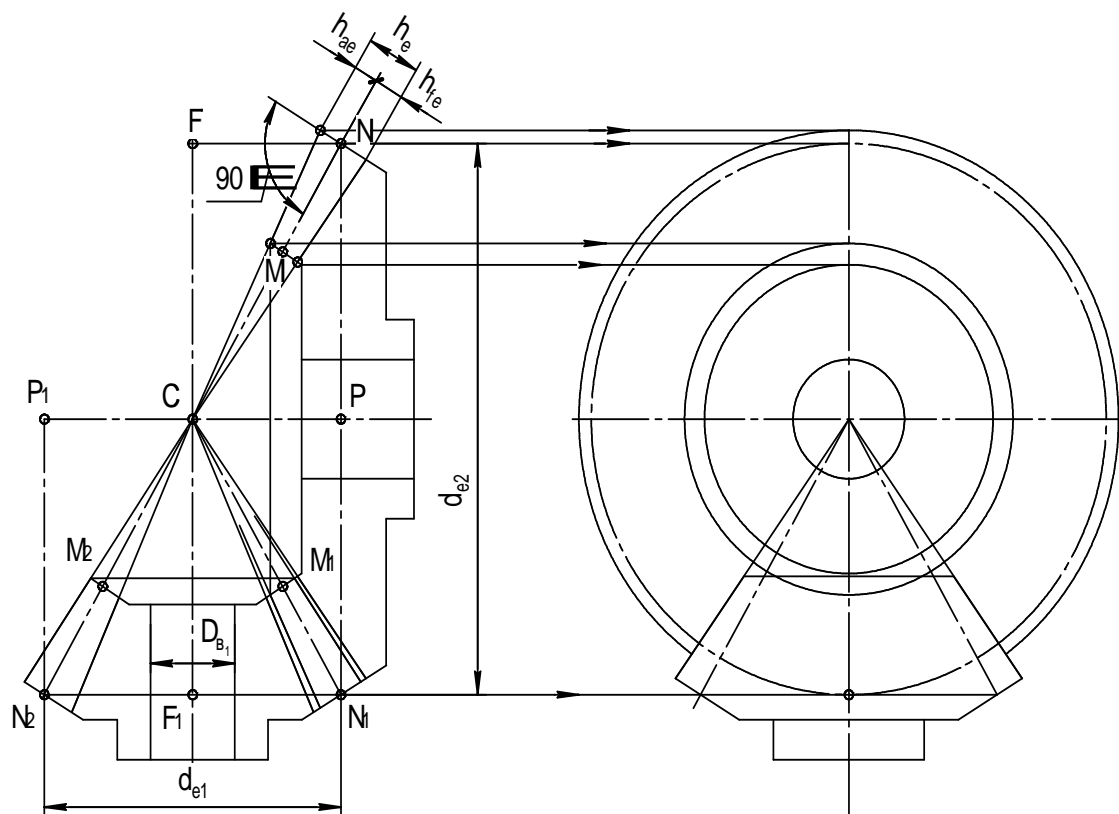
d_{e1} и d_{e2} ;

- высоту головки и ножки зуба h_{ae} и h_{fe} ;
- ширину зубчатых венцов b ;
- толщину обода e ;
- толщину диска k ;
- диаметр и длину ступицы (D_{cm1} , D_{cm2} ; L_{cm1} , L_{cm2}).

Построение зубчатой конической передачи начинают с построения главного вида (рис. 2.7, а) в следующей последовательности.

1. Проводят две взаимно перпендикулярные линии: горизонтальную – ось колеса (большее количество зубьев) и вертикальную – ось шестерни.

a)



б)

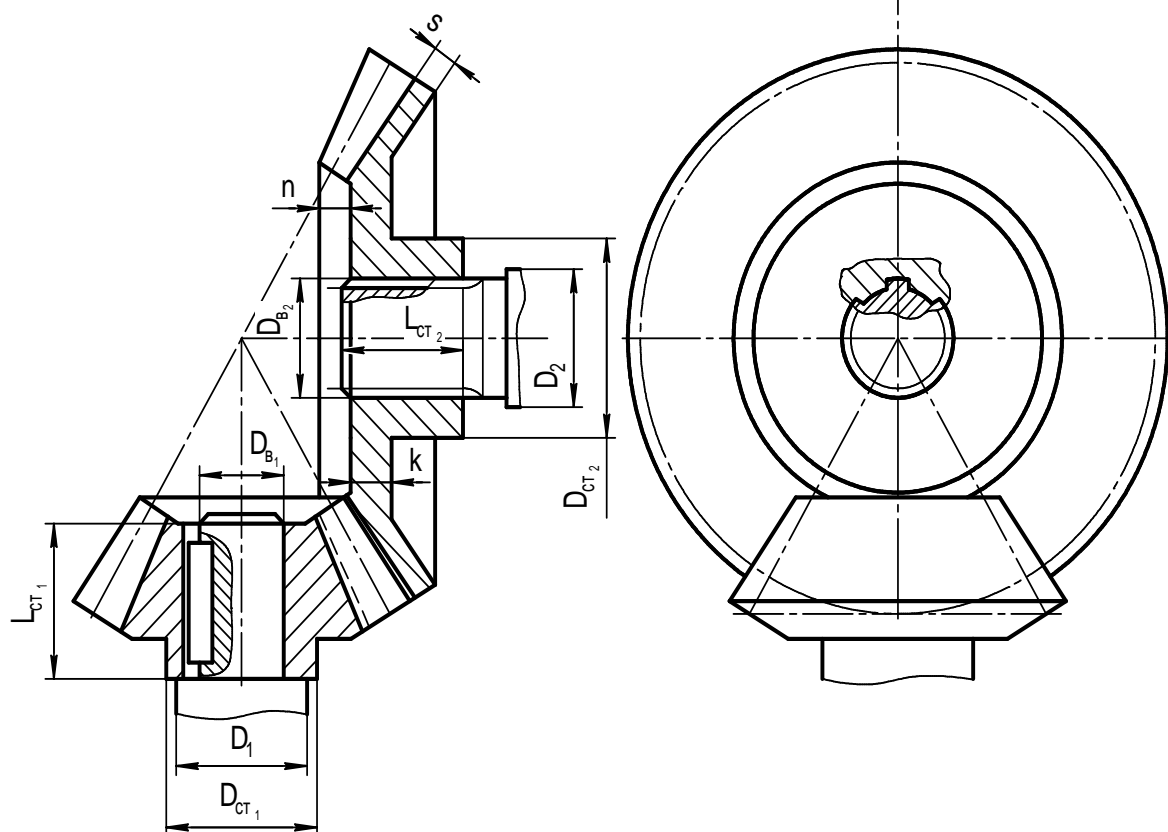


Рис. 2.7

2. От точки пересечения этих линий (С) откладывают вверх и вниз отрезки CF и CF_1 , соответствующие величине $0,5 d_{e2}$, а вправо и влево – отрезки CP и CP_1 , равные $0,5 d_{e1}$.

3. Через точки F и F_1 проводят горизонтальные линии, а через точки P и P_1 – вертикальные до их взаимного пересечения в точках N , N_1 и N_2 . Точки N , N_1 и N_2 соединяют с точкой C штрихпунктирными линиями, которые являются образующими делительных конусов шестерни и колеса.

4. Через точки N , N_1 и N_2 к образующим делительных конусов NC , N_1C и N_2C проводят перпендикуляры, на которых откладывают высоту головки зуба h_{ae} и высоту ножки зуба h_{fe} . Соединив концы этих отрезков с точкой C , получают образующие конусов вершин и впадин зубьев.

5. От точек N , N_1 и N_2 на образующих делительного конуса NC , N_1C и N_2C откладывают ширину зубчатого венца. Через полученные точки M , M_1 , M_2 проводят линии перпендикулярно образующим делительных конусов (границы зуба).

6. Изображают в тонких линиях ступицы и др. элементы согласно данным, приведенным в таблице 1.5.

7. Вид слева строят в тонких линиях при помощи вспомогательных горизонтальных линий (см. рис. 2.7, *а*). Делительную окружность проводят штрихпунктирной линией.

8. На завершающем этапе построения изображения зубчатой передачи (см. рис. 1.7, *б*) удаляют лишние линии построения, выполняют обводку и штриховку фигур сечений в разрезе.

При этом необходимо учитывать, что на разрезе зуб ведущего колеса изображается перед зубом ведомого колеса.

На виде слева штрихпунктирными линиями проводят делительную окружность колеса и начального конуса шестерни (меньшего размера), которые должны касаться между собой на центральной линии.

Пример выполненного сборочного чертежа зубчатой конической передачи (соединения) представлен на рисунке 2.8, а спецификация – на рисунке 2.9.

[illegible]

Рис. 2.9

2.3. Изображение червячной передачи

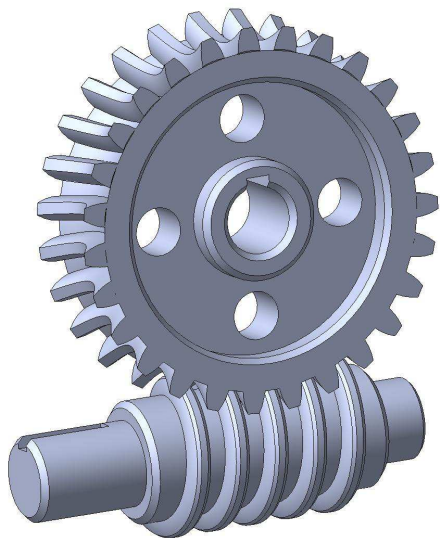


Рис. 2.10

Червячная передача применяется в тех случаях, когда оси валов скрещиваются. Передача состоит из червячного зубчатого колеса и червяка (винта с трапецидальной или другой резьбой).

Для построения изображения червячной передачи (рис. 2.10) по заданным параметрам m , q , z_2 рассчитывают делительные диаметры червяка d_1 и колеса d_2 и определяют межосевое расстояние $a_w = 0,5(d_1 + d_2)$.

Определяют также диаметры выступов и впадин червяка (d_{a1} и d_{f1}) и радиус впадин и вершин червячного колеса (R_{f2} и R_{a2}) (рис. 2.11).

Определяют другие конструктивные элементы колеса (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Параметр	Обозначение	Расчетная формула	
		Червяк	Колесо
1	2	3	4
Число зубьев	z	-	z_2
Число витков	z	z_1	-
Делительный диаметр	d	$d_1 = qm$	$d_2 = z_2 m$
Коэффициент диаметра червяка	q	$q = d_1 / m$	-
Диаметр вершин витков и зубьев	d_a	$d_{a1} = d_1 + 2m = m(q + 2)$	$d_{a2} = m(z_2 + 2)$
Диаметр впадин витков и зубьев	d_f	$d_{f1} = d_1 - 2,4m = m(q - 2,4)$	$d_{f2} = m(z_2 - 2,4)$
Наибольший диаметр червячного колеса	$d_{a_{m2}}$	-	$d_{a_{m2}} \leq d_{a2} + \frac{6m}{z_1 + 2}$
Высота головки витка и зуба	h_a	$h_{a1} = m$	$h_{a2} = m$
Высота ножки витка и зуба	h_f	$h_{f1} = 1,2m$	$h_{f2} = 1,2m$
Ширина венца червячного колеса	b_2	-	$b_2 \leq 0,75d_{a1}$
Длина ступицы колеса	l_{cm}	-	$l_{cm} \approx 1,2D_B$

1	2	3	4
Толщина обода венца	e	-	$e \approx (2,5...3)m$
Толщина диска	k	-	$k \approx (3...3,6)m$
Межосевое расстояние червячной передачи	a_w	$a_w = \frac{d_1 + d_2}{2}$	

Построение начинают следующим образом. Проводят вертикальную линию и на ней откладывают межосевое расстояние a_w (рис. 2.11, а).

На границе межосевого расстояния в нижней части проводят горизонтальную линию – ось червяка. На пересечении оси червяка с вертикальной линией, как из центра O_1 , проводят окружности радиусами $R_1 = \frac{d_1}{2}$, $R_{a1} = \frac{d_{a1}}{2}$, $R_{f1} = \frac{d_{f1}}{2}$, а в верхней части из центра O_2 проводят дуги радиусом $R_2 = R_1$, R_{a1} , R_{f1} , которые устанавливают границы начальных поверхностей вершин и впадин витков червяка, а также поверхностей вершин и впадин червячного колеса.

Построение вида слева выполняют при помощи линий связи. Начальная окружность колеса и образующие начального цилиндра червяка должны касаться друг друга в точке А.

Окружность вершин зубьев и образующую цилиндра вершин витков червяка в зоне зацепления изображают сплошными основными линиями, которые пересекаются между собой.

Выполняют построение контуров остальных элементов передачи, учитывая, что это уже выполняли ранее при отдельном построении червяка и червячного колеса.

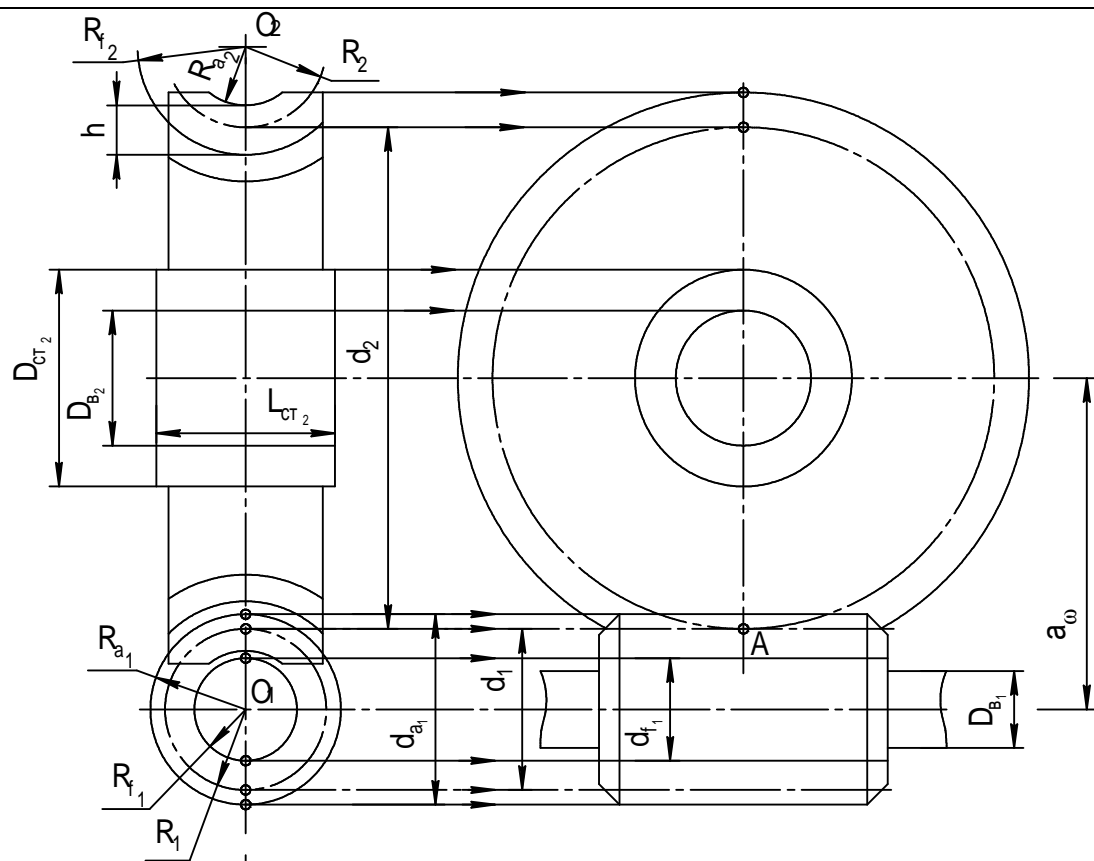
Размеры шлицев выбирают по диаметру вала D_e (табл. 3).

Выполненное изображение червячной передачи в разрезе представлено на рис. 2.11, б. На осевом разрезе колеса винтовой зуб червяка располагается перед зубом колеса.

В заключении задания обводят чертеж, наносят размеры, обозначают позиции деталей и составляют спецификацию.

Пример выполненного задания представлен на рис. 2.12, спецификация – на рис. 2.13.

a)



б)

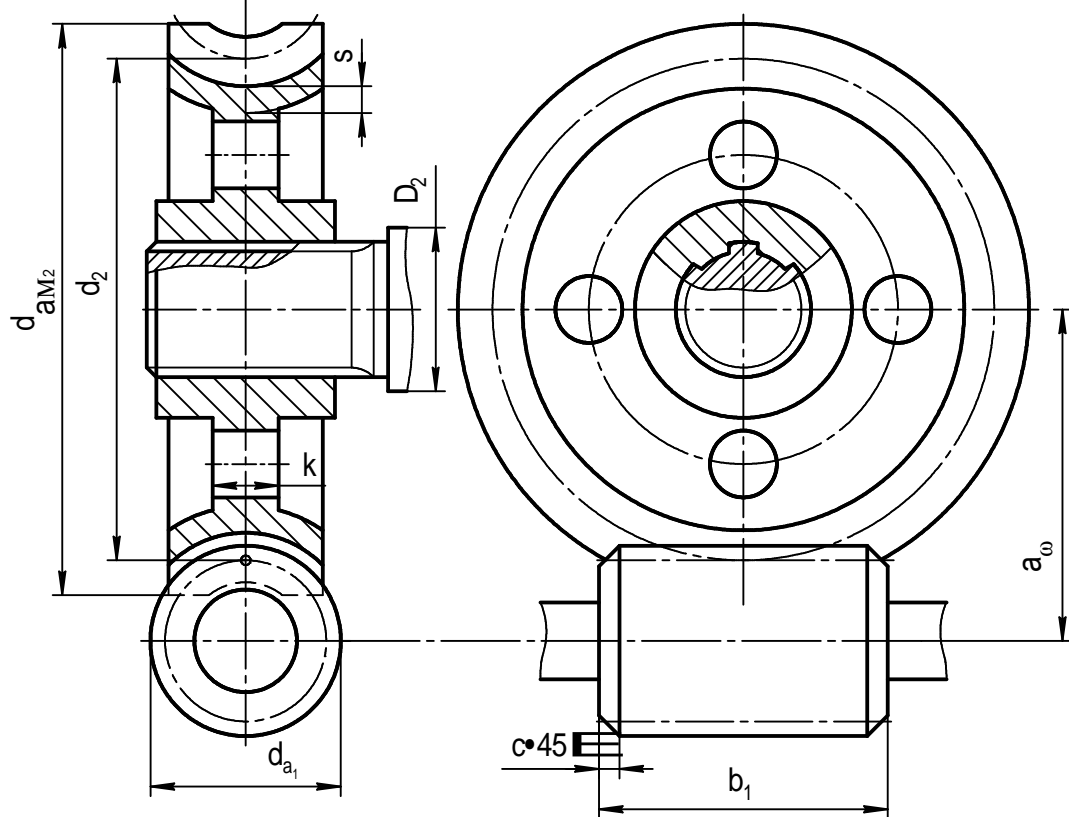
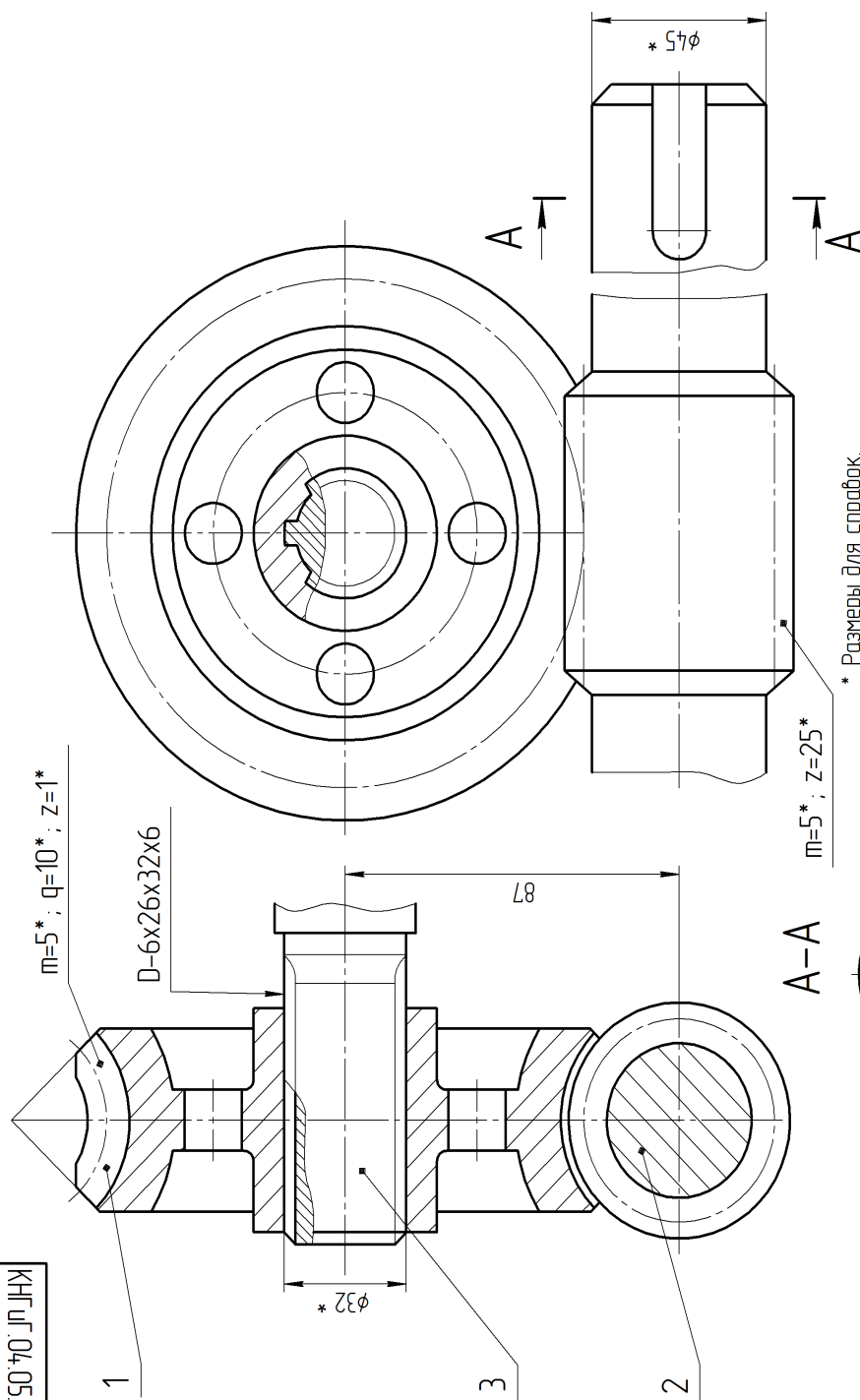


Рис. 2.11



* Размеры для справок.

[illegible]

Рис. 2.12

[illegible]

Рис. 2.13

2.4. Указания по выполнению задания

Работу по изображению зубчатых передач (цилиндрической, конической, червячной) выполнить на формате А3 в карандаше, в масштабе 1:1.

Исходные данные для индивидуальных заданий (варианты) приведены в таблице 2.2. Шестерня должна быть соединена с валом при помощи шпонки, а колесо – при помощи шлицев.

Примеры выполненных сборочных чертежей передач представлены на рисунках 2.4, 2.8, 2. 12, а спецификации – на рисунках 2.5, 2.9 , 2.13.

Таблица 2.2

Таблица вариантов индивидуальных заданий

Цилиндрическая зубчатая передача						Коническая зубчатая передача						Червячная передача				
№ варианта	m	z_1	z_2	D_{e1}	D_{e2}	№ варианта	m	z_1	z_2	D_{e1}	D_{e2}	№ варианта	m	q	z_2	D_{e2}
1	4	25	35	25	32	2	5	16	32	26	36	3	4	12	31	36
4	5	16	30	25	36	5	4	24	36	30	40	6	5	10	31	40
7	4	20	36	22	30	8	5	18	36	30	42	9	3	12	50	40
10	4	18	30	22	25	11	4	20	40	25	34	12	2,5	16	40	36
13	5	20	25	25	28	14	5	20	30	30	40	15	3	16	40	32
16	4	20	40	25	30	17	4	20	40	26	40	18	4	10	48	32
19	5	15	32	25	34	20	5	20	38	25	34	21	5	12,5	35	40
22	3	25	40	20	25	23	6	16	32	26	40	24	3,0	12	46	36
25	4	15	35	20	30	27	4	18	30	36	40	24	2,5	12	30	34
26	5	16	28	25	36	28	6	20	36	34	42	30	4	9	36	30

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Общие сведения	4
1.Зубчатые колеса	12
1.1. Цилиндрические зубчатые колеса	12
1.2. Конические зубчатые колеса	19
1.3. Изображение червячного колеса и цилиндрического червяка	24
1.4. Выполнение чертежей червяка и червячного колеса с натуры	28
1.5. Указания по выполнению задания	29
2. Зубчатые передачи	31
2.1. Изображение цилиндрической зубчатой передачи	31
2.2. Изображение конической зубчатой передачи	37
2.3. Изображение червячной передачи	42
2.4. Указания по выполнению задания	47

Учебное издание

СЕЛИЦКИЙ Андрей Николаевич
РАЗУЕВ Владимир Владимирович

ЗУБЧАТЫЕ КОЛЕСА. ЗУБЧАТЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Методические указания к выполнению расчетно-графических работ
по курсам «Инженерная графика», «Инженерная и машинная графика»
для студентов технических специальностей

Редактор *Д. М. Севастьянова*

Подписано в печать 12.05.15. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.
Ризография. Усл. печ. л. 2,78. Уч.-изд. л. 1,19. Тираж 30 экз. Заказ 692.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования «Полоцкий государственный университет».

Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/305 от 22.04.2014.

ЛП № 02330/278 от 08.05.2014.

Ул. Блохина, 29, 211440, г. Новополоцк.